Arago, Dominique François,

Populäre Vorlesungen über die Astronomie

Weimar 1838

Astr.u. 1 m
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10060817-2

Astr. U. 1^{m}

L. Zeller. stud. music.

Populäre Vorlesungen

über die

Astronomie

von

Dr. Fr. Arago,
Professor der Astronomie zu Paris, Mitgliede des französischen Nationalinstituts ꝛc.

Aus dem Französischen übersetzt

von

Dr. C. H. Schnuse.

Mit 38 lithographirten Abbildungen.

Weimar, 1838.
Druck, Lithographie und Verlag von Bernh. Fr. Voigt.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Inhaltsverzeichniß.

Erste Vorlesung.

	Seite
Von den astronomischen Instrumenten . .	1
Allgemeine Gesetze der Zurückwerfung des Lichts	—
Allgemeine Gesetze der Brechung des Lichts .	6
Von den Linsengläsern	8
Von den Fernröhren und Teleskopen . .	14
Vom Bau des menschlichen Auges . . .	16

Zweite Vorlesung.

Geschichte der Astronomie	22
Vorläufige Begriffe. — Erklärungen . .	29

Dritte Vorlesung.

Seite
Ansicht des Himmels. — Scheinbare Bewegungen der Himmelskörper 37

Vierte Vorlesung.

Von den Fixsternen 51
Nördliche Sternbilder der Alten . . . 52
Nördliche Sternbilder der neuern Zeit . . 53
Sternbilder im Thierkreise . . . . —
Südliche Sternbilder der Alten . . . 54
Südliche Sternbilder der neuern Zeit . . —

Fünfte Vorlesung.

Entfernung der Planeten 66
Die Sonne 69
Physische Beschaffenheit der Sonne . . —
Der Mond 74
Physische Beschaffenheit des Mondes . . 78

Sechste Vorlesung.

Von den Planeten 85
Merkur . . . . —

Seite
Physische Beschaffenheit des Merkurs . 87
Venus 88
Physische Beschaffenheit der Venus . . 89
Obere Planeten 91
Mars . . . . —
Physische Beschaffen[illegible]s Mars . . 93
Von den vier teleskopischen Planeten . . 95
Juno 96
Ceres . . . . —
Pallas . . . . —
Vesta 97

Siebente Vorlesung.

Jupiter und seine Trabanten . . . 98
Physische Beschaffenheit des Jupiters . 101
Saturn, sein Ring und seine Trabanten . 103
Uranus und seine Monde 107
Entfernung der Planeten von der Sonne . 108
Durchmesser der Sonne und der Planeten . 109
Volumen der Sonne und der Planeten, wenn das der Erde als Einheit angenommen wird . —
Masse der Sonne und der Planeten, wenn die der Erde zur Einheit angenommen wird . 110
Dichtigkeiten der Sonne und der Planeten, wenn die der Erde als Einheit angenommen wird —

Seite
Gewichte der Sonne und der Planeten, wenn das der Erde als Einheit angenommen wird . 111
Fallhöhe eines schweren Körpers auf der Oberfläche der Sonne und der Planeten . . —
Dauer der Umdrehung der Sonne und der Planeten um ihre Axen 112
Siderische Umlaufszeiten der Planeten . . —
Jährliche Parallaxen . . . . —
Neigung der Bahnen gegen die Ekliptik . 113
Neigung der Axen gegen die Bahn . . —
Durchlaufene Räume in einer Minute . . 114

Achte Vorlesung.

Die Keplerschen Gesetze 114
Allgemeine Attraction 118
Massen der Planeten 122

Neunte Vorlesung.

Die Erde 123
Figur der Erde 124
Dimensionen der Erde 125
Bewegung der Erde 127
Tägliche Umdrehung der Erde . . . 128
Jährliche Bewegung der Erde . . . 135

Zehnte Vorlesung.

Seite
Von den säcularen und periodischen Ungleichheiten der Planeteu 140
Ungleichheiten des Mondes und der Erde . 141

Elfte Vorlesung.

Von den Kometen 147

Zwölfte Vorlesung.

Von den Finsternissen 155
Mondfinsternisse . . . . . . —
Sonnenfinsternisse 158

Dreizehnte Vorlesung.

Von der Ebbe und Fluth 167

Vierzehnte Vorlesung.

Bestimmung der geographischen Länge und Breite 177

Funfzehnte Vorlesung.

Von der Atmosphäre in astronomischer Beziehung 180
Vom Horizontalmonde 183

Sechszehnte Vorlesung.

Seite
Von den Tagen und Nächten und den Jahreszeiten 186
Von der Temperatur der Erde 191

Siebenzehnte Vorlesung.

Vom Kalender 198

Erste Vorlesung.

Von den astronomischen Instrumenten.

Ehe wir in das eigentliche Gebiet der Astronomie treten, müssen wir die optischen Instrumente, deren sie sich bedient und durch welche sie so große Fortschritte gemacht hat, näher kennen lernen. Die Kraft dieser Instrumènte hat den Wirkungskreis unserer Sinne so sehr erweitert, daß es uns mittels ihrer gewissermaasen erst möglich geworden ist, die Welt (Natur) genauer kennen zu lernen. Das Studium derselben soll daher der Gegenstand dieser ersten Vorlesung seyn.

Da die Construction der Teleskope auf der Zurückwerfung und die der Fernröhre auf der Brechung des Lichts beruht, so wollen wir diese beiden wichtigen Eigenschaften desselben zunächst untersuchen.

Allgemeine Gesetze der Zurückwerfung des Lichts.

Wenn man einen Strahl des Sonnenlichts in schiefer Richtung auf eine polirte Oberfläche fallen läßt, so bemerkt man folgende Erscheinungen:

1) ein Theil des Sonnenstrahls wird unter einer gewissen Richtung zurückgeworfen und wenn man das Auge in diese Richtung bringt, so sieht man in der Verlängerung des zurückgeworfenen Sonnenstrahls ein Bild der Sonne.

2) Der Punkt, in welchem der einfallende Sonnenstrahl die polirte Oberfläche trifft, ist in allen Richtungen sichtbar, aber er erscheint bei weitem am glänzendsten, wenn man ihn in der Richtung des zurückgeworfenen Strahls betrachtet, in welcher man auch allein ein regelmäßiges Bild der Sonne erblickt.

3) Ein Theil des einfallenden Lichts wird nicht zurückgeworfen und geht, wenn die polirte Platte durchsichtig ist, durch sie hindurch, nach Gesetzen, die wir bald angeben werden. Ist die polirte Platte undurchsichtig, so wird dieser Theil des Lichtes von ihr verschluckt.

Es finden also drei sehr verschiedene Erscheinungen statt. Ein Theil des einfallenden Lichtstrahls wird nach einer bestimmten Richtung regelmäßig zurückgeworfen, ein anderer Theil wird ohne Unterschied nach allen Richtungen zurückgeworfen und zerstreut, wie wenn die Platte, auf welche der Lichtstrahl fällt, nicht polirt wäre, und der noch übrige Theil geht endlich durch sie hindurch oder wird von ihr verschluckt.

Aber unter welcher Richtung geschieht die regelmäßige Zurückwerfung? Man findet:

1) Daß der einfallende und zurückgeworfene Strahl in einer auf der zurückwerfenden Ebene senkrechten Ebene liegen.

2) Daß der einfallende und zurückgeworfene Strahl mit der zurückwerfenden Ebene gleiche Winkel bilden, oder daß der Einfallswinkel dem Zurückwerfungswinkel gleich ist.

Dieses sind die beiden allgemeinen Gesetze der Zurückwerfung des Lichts, durch welche sich die Entstehung der Bilder auf diesem Wege leicht erklären läßt. Nehmen wir zuerst einen ebenen Spiegel. Es sey S (Fig. 1 Taf. 1) ein leuchtender Punkt, O das Auge des Beobachters und AB die zurückwerfende Ebene. Unter allen Lichtstrahlen, welche von S ausgehen, befindet sich einer SI, welcher nach der Zurückwerfung durch den Spiegel das Auge in O trifft und zwar nach der Richtung IO, so daß der Einfallswinkel dem Zurückwerfungswinkel gleich ist. Von dem leuchtenden Punkte S wollen wir ein Perpendikel SA auf die zurückwerfende Ebene fällen, welches die letztere in A trifft. Dieses Perpendikel wollen wir auf der andern Seite des Spiegels um eine Größe AD gleich SA verlängern, dann von dem Punkte D nach dem Auge O die Linie DO ziehen, so ist DO die Richtung des zurückgeworfenen Lichtstrahls und der Punkt I, wo sie die Oberfläche des Spiegels trifft, ist der Einfallspunkt. Ferner, wenn der leuchtende Gegenstand und das Auge als mathematische Punkte ohne Ausdehnung angesehen werden, so ist der nach dem vorhergehenden Verfahren bestimmte Lichtstrahl OI der einzige, welcher in das Auge O zurückgeworfen werden kann.

Aber die Oeffnung der Pupille, durch welche die Lichtstrahlen in das Auge gelangen, ist kein

mathematischer Punkt, sondern ein Raum, welcher bei dem Menschen ungefähr zwei Millimetres im Durchmesser hat und welchen wir durch **L L** Fig. 2 darstellen können. Alle zurückgeworfenen Lichtstrahlen, welche durch diese Oeffnung hindurch gehen können, gelangen also bis zur Netzhaut und tragen zum Sehen bei. Nun wird aber jeder von ihnen durch die eben angewandte Construction bestimmt, woraus erhellt, daß sie einen Kegel mit kreisförmiger Grundfläche **L L** bilden, dessen Spitze in dem Punkt **D** liegt. Es ist eine Thatsache, daß das Auge, wenn es die Entfernung zweier leuchtenden Punkte ungezwungen schätzen kann, es sie in den Punkt versetzt, ansieht, in welchem die von jenen Punkten ausgehenden Lichtstrahlen zusammenlaufen. Dem in **O** befindlichen Auge erscheint also der durch Zurückwerfung gesehene leuchtende Punkt **S** in **D**, d. h. eben so weit hinter dem Spiegel, als er wirklich vor demselben ist.

Wenn der leuchtende Gegenstand eine gewisse Ausdehnung hat, so entsteht das Bild jedes seiner leuchtenden Punkte nach den eben erklärten Gesetzen und der Inbegriff aller dieser Bilder machen das des Gegenstandes aus. Wir wollen zum Beispiel annehmen, der leuchtende Gegenstand wäre ein Pfeil **S S'** (Fig. 3), so entsteht das Bild der Basis **S** des Pfeiles in **D**, das des Punktes **S'** in **D'** und die der zwischenliegenden Punkte auf der geraden Linie **D D'**. Das ganze Bild wird also zwischen den beiden äußern zurückgeworfenen Strahlenkegeln **D O**, **D' O** liegen und seine absolute Größe **D D'** ist gleich **S S'**,

d. h. gleich der Größe des Gegenstandes selbst, aber es hat eine umgekehrte Lage.

Das Vorhergehende ist zur Auflösung aller Aufgaben über die Zurückwerfung des Lichts und das Sehen der Gegenstände durch ebene Spiegel hinreichend.

Bei gekrümmten Spiegeln von beliebiger Form braucht man sich nur, um den scheinbaren Ort, die Form und Größe der Bilder, welche sie zurückwerfen, zu bestimmen, vorzustellen, daß die Zurückwerfung jedes Lichtstrahls durch die berührende Ebene in dem Einfallspunkt geschieht. Aber in den praktischen Anwendungen ist es überflüssig, sich zu einer solchen Allgemeinheit zu erheben, denn man wendet nur hohle oder erhabene sphärische Spiegel (Kugelspiegel) an, welche sich allein mit Genauigkeit verfertigen und poliren lassen, und auch auf diese müssen die Lichtstrahlen fast senkrecht auffallen, um deutliche Bilder zu erhalten. Wir beschränken uns also auf die Betrachtung dieses einzigen Falls.

Denken wir uns also im Raum einen leuchtenden Punkt, der nach verschiedenen Theilen einer beliebigen erhabenen, oder hohlen Kugelfläche Lichtstrahlen sendet, und wir wollen, indem wir einen dieser Lichtstrahlen betrachten, die Richtung zu bestimmen suchen, nach welcher er zurückgeworfen wird.

Es sey **MAM′** Fig. 4 der Kugelspiegel, **S** der leuchtende Punkt und **SI** der einfallende Strahl, welchen wir betrachten wollen. Vom Punkt **I** wollen wir nach dem Mittelpunkt der Kugel die senkrechte Linie **IC** ziehen und den

Winkel CIR gleich CIS machen, so ist IR die Richtung des zurückgeworfenen Strahls.

Wenn man dieselbe Construction für alle von S ausgehenden Lichtstrahlen wiederholt, so ergibt sich durch Zeichnung wie durch Rechnung, daß alle zurückgeworfenen Lichtstrahlen durch einen kleinen Raum gehen, welcher der **Brennpunkt** genannt wird, und daselbst durch ihre Vereinigung ein Bild des Punktes S bilden. Dieses wird durch einen Versuch bestätigt.

Eine ähnliche Betrachtung und Construction würde zeigen, daß das durch einen erhabenen Spiegel erzeugte Bild immer ideell ist und hinter dem Spiegel liegt und der Brennpunkt ist alsdann blos der Punkt, in welchem sich die zurückgeworfenen Strahlen hinter dem Spiegel vereinigen würden, wenn sie durch denselben hindurch gingen.

Allgemeine Gesetze der Brechung des Lichts.

Wir haben eben gesehen, wie sich der Theil des Lichtstrahls verhält, welcher an der Oberfläche der Körper zurückgeworfen wird, und wir wollen nun den betrachten, welcher durch ihre Substanz hindurch geht.

Dieser Theil des Lichtstrahls setzt, wenn er unter schiefer Richtung einfällt, seinen Weg nicht in gerader Linie fort, sondern wird von seiner ursprünglichen Richtung abgelenkt und hierin besteht die Erscheinung, welche man die **Brechung** des Lichts nennt. So oft ein Lichtstrahl in schiefer Richtung aus einem Mittel in ein anderes übergeht, wird er gebrochen und die Größe der Abweichung seiner Richtung von der ursprüng-

lichen hängt von dem Unterschied ab, welcher zwischen der Dichtigkeit und der Beschaffenheit beider Mittel statt findet. In allen nicht krystallisirten Körpern ist der gebrochene Strahl einfach und liegt in der Einfallsebene. Er nähert oder entfernt sich von der senkrechten Linie auf der gemeinschaftlichen Oberfläche beider Mittel, je nachdem er aus einem dünnern in ein dichteres, oder aus einem dichteren in ein dünneres Mittel übergeht.

Es ist nur noch das Verhältniß zu bestimmen, welches zwischen den Winkeln statt findet, die die Senkrechte mit dem einfallenden und gebrochenen Strahle bildet, damit man die eine dieser Richtungen berechnen kann, wenn die andere bekannt ist. Es finden die folgenden beiden von Descartes entdeckten Gesetze statt:

1) Der einfallende und zurückgeworfene Lichtstrahl liegen immer in derselben Ebene, welche auf der gemeinschaftlichen Fläche der beiden Mittel senkrecht ist.

2) Der Sinus des Brechungswinkels steht zu dem Sinus des Einfallswinkels bei demselben Mittel immer in einem constanten Verhältniß, unter welchem Winkel der Lichtstrahl auch einfallen mag. Dieses Verhältniß wird das Brechungs-Verhältniß genannt.

(Wenn man zwischen den Schenkeln eines Winkels mit irgend einem Halbmesser einen Kreisbogen beschreibt, so heißt das aus dem einen Endpunkte des Bogens auf den durch den an-

dern Endpunkt gehenden Schenkel gefällte Perpendikel der Sinus des Winkels oder Bogens.)

Der Act der Brechung ist immer mit einer merkwürdigen Erscheinung begleitet. Der gebrochene Lichtstrahl wird in Strahlen von verschiedenen Farben zerlegt, deren Brechbarkeit von dem rothen Lichtstrahle, für welchen sie am kleinsten ist, bis zu dem violeten, wo sie am größten ist, beständig zunimmt. Diese Erscheinung heißt die Zerstreuung oder Zerlegung des Lichts.

Außer den 7 prismatischen Farben, d. h. den Farben der 7 Lichtstrahlen, in welche ein Sonnenstrahl zerlegt wird, wenn er durch ein Glasprisma geht, zeigen sich bei dem Versuch in dem gebrochenen Lichtstrahl auch Wärmestrahlen, deren Stärke von dem violeten Lichtstrahle bis zu dem rothen zunimmt, und chemische Strahlen, deren Stärke gerade in entgegengesetzter Ordnung zunimmt, d. h. sie ist in dem rothen Lichtstrahl am kleinsten und jenseits des violeten Strahls am größten.

Von den Linsengläsern.

Wenn ein Lichtstrahl auf ein Glasprisma fällt, so wird er gebrochen und nähert sich der untern Fläche des Primas und zwar nach den Gesetzen, welche wir eben angeführt haben.

Nun kann man sich ein System von Prismen denken, die so mit einander verbunden sind, daß die durch sie gebrochenen Strahlen in demselben Punkte zusammenlaufen und man sieht leicht ein, daß es von Wichtigkeit seyn würde, eine große Anzahl von Lichtstrahlen auf diese Weise concentriren zu können. Aber die Schwie-

rigkeit, einen solchen Apparat mit hinreichender Genauigkeit zu verfertigen, würde den Fortschritten der Wissenschaft große Hindernisse in den Weg gelegt haben, wenn derselbe glücklicherweise nicht schon in den sphärischen Linsengläsern, welche nichts anders als ein System von Prismen sind, construirt wäre und welche sich mit Genauigkeit und Leichtigkeit verfertigen lassen.

Man unterscheidet mehrere Arten von sphärischen Linsengläsern:

1) Das doppelt erhabene Fig. 5. Die Aehnlichkeit dieser Art von Gläsern mit einer Linse hat ihnen den Namen Linsen gegeben, welcher auch auf alle andern sphärischen Gläser ausgedehnt ist.

2) Das ebene und erhabene Fig. 6.

3) Das hohle und erhabene Fig. 7 u. 8.

4) Das ebene und hohle Fig. 9.

5) Das doppelt hohle Fig. 10.

Alle diese verschiedenen Formen sphärischer Gläser lassen sich in zwei Klassen theilen, je nachdem die untere Fläche oder die Kante der Prismen, welche durch die Berührungsebene gebildet werden, der Axe der Linse, d. h. der durch die Mittelpunkte der beiden Flächen der Linse gehenden geraden Linie, zugekehrt ist; und da die Brechung immer nach der untern Fläche des Primas zu erfolgt, so laufen die durch die ersten gebrochenen Strahlen, welche parallel auf ihre Oberfläche fallen, zusammen und die durch die zweiten gebrochenen aus einander. Man nennt daher auch die ersten Sammlungsgläser und die zweiten Zerstreuungsgläser.

Die weitsichtigen oder kurzsichtigen Personen bedienen sich dieser Gläser, welche die zu geringe oder zu starke Convergenz der Lichtstrahlen in ihrem Auge verbessern; allein wir können uns dabei nicht aufhalten.

Lassen wir nun ein Büschel paralleler Lichtstrahlen auf eine erhabene Linse fallen und untersuchen näher, was damit geschieht (Fig. 11). Unter den einfallenden Lichtstrahlen befindet sich einer, welcher mit der Axe der Linse zusammenfällt und durch letztere hindurchgeht, ohne gebrochen zu werden. Aber dieses ist bei den übrigen Lichtstrahlen nicht der Fall; sie erleiden eine desto stärkere Brechung, je weiter sie sich von der Axe der Linse entfernen und zwar so, daß sie alle in denselben Punkt F zusammenlaufen. Dieser Punkt heißt der Brennpunkt der Linse und man sieht leicht ein, daß die Brechung desto stärker ist und folglich der Brennpunkt der Linse desto näher liegt, je erhabener diese ist.

Umgekehrt, wenn die im Brennpunte F angelangten Lichtstrahlen ihren Weg rückwärts zurücklegen, so werden sie von der Linse gebrochen und fahren alle parallel aus, wenn sie parallel auffielen, woraus sich die merkwürdige Folgerung ergibt, daß, wenn vom Brennpunkt einer Linse Lichtstrahlen auf alle Punkte ihrer Oberfläche fallen, sie bei ihrem Austritt ein Büschel paralleler Lichtstrahlen bilden.

Diese Eigenschaft der Linsen hat zu einem sehr nützlichen Apparate Veranlassung gegeben, denn sie dient der Construction der Leuchtthürme zur Grundlage, welche nichts anders sind, als ein System von vier Linsen, in deren gemeinschaft-

lichen Brennpunkt eine brennende Lampe gesetzt ist. Die davon ausgehenden Lichtstrahlen fahren in parallelen Büscheln aus und ihre Lichtstärke wird durch die Zerstreuung nicht geschwächt und es geht nur das Licht verloren, welches von der nicht vollkommen durchsichtigen Atmosphäre verschluckt wird, so daß die Leuchtthürme die entferntesten Punkte des Horizonts erleuchten können. Da aber die Durchmesser dieser Lichtbüschel nicht sehr groß sind und sie zu gleicher Zeit auch immer nur einen Theil des Horizonts erleuchten, so hat man die Leuchtthürme so eingerichtet, daß sie sich um sich selbst drehen lassen, um das Licht successive nach allen Richtungen zu verbreiten. Diese Drehung geschieht bei jedem Leuchtthurm zu einer bestimmten Zeit und dient, da sie bei jedem anders ist, zu ihrer Unterscheidung. Dieser nützliche Apparat benachrichtigt also den Schiffer nicht nur von der Nähe der Küste, sondern gibt ihm auch durch die Art der Drehung seine Lage an.

Eine andere Eigenschaft der Linsen besteht darin, daß sie die Bilder der Gegenstände vergrößern. Bekanntlich hängt die scheinbare Größe eines Gegenstands von dem Winkel ab, unter welchem er gesehen wird, und dieser Winkel ändert sich im umgekehrten Verhältniß der Entfernung des Gegenstandes vom Auge des Beobachters. Um also einen Gegenstand sehr groß zu sehen, brauchte man ihn dem Auge nur sehr nahe zu bringen, wenn alsdann noch ein deutliches Sehen möglich wäre, aber das Bild wird wegen der starken Divergenz der Lichtstrahlen undeutlich und um diesen Uebelstand zu vermeiden, betrach-

tet man daher den Gegenstand durch eine erhabene Linse. Da die Lichtstrahlen durch die Linse parallel ins Auge fallen oder wenigstens ihre Divergenz sehr vermindert wird, so kann man dasselbe dem Gegenstande beliebig nähern und das Bild des letztern erscheint unter demselben Winkel, unter welchem der Gegenstand dem bloßen Auge erscheinen würde, wenn bei einer so geringen Entfernung ein directes, deutliches Sehen möglich wäre. Hieraus erhellt, daß die vergrößernde Kraft einer Linse um so größer ist, je kleiner ihre Brennweite, d. h. die Entfernung des Brennpunkts von der Mitte der Linse ist. Nach dem eben Gesagten wird unsere Vorstellung von der wirklichen Größe eines Gegenstands durch den Winkel bestimmt, unter welchem er erscheint, wenn keine Vergleichung zwischen den Entfernungen und zwischen den Sehwinkeln statt findet. Dieses ist aber bei dem gewöhnlichen Acte des Sehens nicht der Fall: denn bei der Beurtheilung der Größe der Gegenstände ziehen wir zweierlei in Betracht, nämlich den Winkel, unter welchem wir sie sehen, und die Entfernung, in welcher wir sie annehmen. So beurtheilen wir z. B. die Größe zweier Menschen, welche sich in ungleicher Entfernung von uns befinden und folglich unter verschiedenen Winkeln gesehen werden, sehr wohl, weil wir die Entfernung mit in Rechnung bringen. Diese unwillkührliche Gewohnheit, die Entfernung der Gegenstände mit in Betracht zu ziehen, ist so unbezweifelt wahr, daß wir die wirkliche Größe eines Gegenstands falsch beurtheilen, wenn wir uns in seiner Entfernung irren. So scheinen uns z. B. die Gegenstände,

welche wir mit einem Opernseher betrachten, nicht vergrößert, weil wir sie für näher halten, und dessen ungeachtet vergrößern diese Fernröhre zwei oder drei Mal, wie man sich überzeugen kann, wenn man denselben Gegenstand zu gleicher Zeit mit dem Fernrohr und mit bloßem Auge betrachtet.

Wir haben gesehen, nach welchen Gesetzen ein Büschel paralleler Lichtstrahlen gebrochen wird und wir wollen nun sehen, wie die von verschiedenen Punkten eines Gegenstands ausgehenden Lichtstrahlen gebrochen werden. Es sey A B Fig. 12 ein leuchtender Gegenstand, so ist klar, daß von jedem Punkte desselben ein Lichtbüschel ausgeht, wovon der Zusammentreffungspunkt der gebrochenen Strahlen sich irgendwo auf der Verlängerung desjenigen Lichtstrahls des Büschels befindet, welcher zwei parallele Flächen trifft und folglich nicht gebrochen wird. Der Punkt A macht also sein Bild in A′, der Punkt B in B′ und die zwischenliegenden Punkte die ihrigen auf der Verbindungslinie der Punkte A und B und wenn man diese Lichtstrahlen auf ein Stück Papier oder ein matt geschliffenes Glas fallen läßt, so erhält man ein umgekehrtes Bild des Gegenstandes A B.

Wir haben im Vorhergehenden gesehen, daß ein gebrochener Strahl des Sonnenlichts in Strahlen von verschiedenen Farben zerlegt wird. Durch diese Zerlegung werden die Bilder der Gegenstände gefärbt und undeutlich gemacht. Dieser Uebelstand ist so bedeutend, das Newton, als er kein Mittel zur Beseitigung desselben finden konnte, auf den Gebrauch der Fernröhre zu astronomischen Zwecken verzichten zu müssen

glaubte. Allein man hat seitdem glücklicherweise das Mittel zur Beseitigung dieser Unannehmlichkeit gefunden. Dieses Mittel besteht darin, daß man Linsengläser von Substanzen mit einander verbindet, welche das Licht zwar alle zerstreuen, aber es ungleich brechen. Das Crownglas und Flintglas erfüllen diese Bedingungen und durch die Verbindung dieser beiden Arten von Glas in dem erforderlichen Verhältniß ist man dahin gelangt, Objectivgläser zu bekommen, durch welche die Bilder der Gegenstände farbenlos erscheinen.

Von den Fernröhren und Teleskopen.

Die astronomischen Fernröhre können als aus zwei Gläsern bestehend angesehen werden. Das eine, welche das Objectiv genannt wird, erhält die Lichtstrahlen, welche von dem Gegenstand ausgehen, und entwirft in seinem Brennpunkt ein Bild desselben. Das andere, das Ocular genannt, wird in die Nähe des Auges gebracht und dient zur Betrachtung dieses Bildes. Die Vergrößerung entsteht bei dieser Art von Fernröhren aus zwei Ursachen. Nämlich das im Brennpunkte des Objectivs entstandene Bild ist schon vergrößert, wenn man es mit bloßem Auge betrachtet, weil man nur 7 oder 8 Zoll davon entfernt ist, welche Entfernung weit geringer ist, als die zwischen der Linse und dem Brennpunkt und man es also unter einem größern Winkel sieht. Aber die Vergrößerung des Bildes wird besonders durch das Ocular hervorgebracht, welches eine Linse von sehr geringer Brennweite ist. Die astronomischen Fernröhre haben eine bedeu-

tende Vergrößerungskraft und der Gegenstand wird durch sie zuweilen tausend Mal vergrößert.

Die Teleskope bestehen aus einem polirten Spiegel von Metall, in dessen Brennpunkt das Bild des Gegenstandes durch Zurückwerfung des von diesem ausgehenden Lichts entsteht. Da aber dieses Bild nicht durch den Spiegel hindurch gesehen werden kann, so wendet man einen kleinen Spiegel an, welcher es zur Seite oder zurück nach dem großen Spiegel wirft, wo es alsdann durch eine zu diesem Zweck angebrachte kleine Oeffnung betrachtet wird. Diese doppelte Zurückwerfung hat das Nachtheilige, daß das Licht dadurch sehr geschwächt wird, denn bekanntlich wirft auch der polirteste Spiegel kaum die Hälfte des einfallenden Lichts zurück. Ein Teleskop hat folglich bei gleichen Dimensionen nur den vierten Theil der vergrößernden Kraft eines Fernrohrs, denn durch die Brechung wird das Licht nicht merklich geschwächt.

Zur Messung der Höhe der Gestirne und zu vielen andern Zwecken befinden sich in den Fernröhren metallische Fäden, welche auf verschiedene Art quer durch das Gesichtsfeld des Fernrohrs gezogen sind und eine außerordentliche Feinheit haben, denn sie sind noch weit zarter als die Seidenspinnfäden. Das Verfahren, durch welches sie erhalten werden, ist sinnreich. Diese Fäden sind von Platin und werden durch das Ziehen so viel als möglich verdünnt. Dann werden sie in Cylinder gespannt, deren Axe sie bilden und welche mit Silber ausgegossen und dann selbst in Fäden gezogen werden. Dadurch wird der Platinfaden ebenfalls verhältnißmäßig ver-

dünnt und um das Silber wieder davon zu trennen, legt man das Ganze in Salpetersäure, welche das Silber auflöst und das Platin nicht angreift.

Bau des menschlichen Auges.

Wir wollen diese erste Vorlesung mit der Untersuchung des Baues des menschlichen Auges, des wunderbarsten optischen Instruments, schließen. Das menschliche Auge besteht aus verschiedenen durchsichtigen Substanzen (Mitteln), deren Krümmung und brechende Kraft so mit einander verbunden sind, daß die Abweichungen wegen der Kugelgestalt und verschiedenen Brechbarkeit aufgehoben werden. Denn bei einer sphärischen Linse werden nur die nahe bei der Axe einfallenden Lichtstrahlen in demselben Brennpunkt vereinigt, die übrigen aber nicht. Das Bild des Gegenstands wird also dadurch undeutlich. Die Strahlen von verschiedenen Farben vereinigen sich ebenfalls nicht in demselben Punkte, so daß auch hierdurch ein undeutliches Bild entstehen würde. Die Bilder der Gegenstände entstehen auf einer Nervenhaut, welche den Hintergrund des Auges bedeckt und die erhaltenen Eindrücke dem Gehirne mittheilt. Dieses Organ besteht aus drei der Form und Brechbarkeit nach, verschiedenen Mitteln. Des erste ist eine auf der einen Seite erhabene und auf der andern hohle Linse, welche mit einer durchsichtigen Flüssigkeit angefüllt ist, die dem Wasser gleicht und aus dem Grunde die wässerige Feuchtigkeit genannt wird. Dann folgt ein durchsichtiger Körper, welcher die Form einer doppelt erhabenen Linse hat und die Krystallinse genannt wird. Er ist vorn nicht so

erhaben als hinten und plattet sich mit dem Alter immer mehr und mehr ab. In der ganzen folgenden Höhlung endlich befindet sich eine klebrige Flüssigkeit, welche geschmolzenem Glas ähnlich ist und daher die gläserne Feuchtigkeit genannt wird. Die Umhüllung, welche dieses ganze System enthält, kann als von der Verlängerung und Ausdehnung der Decke des optischen Nerven gebildet, angesehen werden. Die äußerste Haut, welche das Ganze umgibt, ist fest und dunkel, läßt sich aber doch wie Horn biegen und wird aus diesem Grunde die dunkele Hornhaut genannt. Aber vor dem Auge verdünnt sich diese Haut und wird durchsichtig, wie ein Uhrglas, welches erforderlich ist, damit das Licht durch sie hindurch gehen kann, und hier wird sie die durchsichtige Hornhaut genannt. An der hintern Seite des Behälters der wässerigen Feuchtigkeit liegt die Regenbogenhaut oder Iris, welche aus Muskelfasern besteht, durch deren Zusammenziehung oder Ausdehnung die in der Mitte befindliche Oeffnung, Pupille oder Stern genannt, vergrößert oder verkleinert wird. Die zweite Umhüllung des optischen Nerven entfaltet sich unter der vorhergehenden und wird die Aderhaut genannt, welche in eine schwarze Flüssigkeit getaucht ist. Denn so wie wir das Innere unserer Fernröhre anschwärzen, so muß auch das Innere des Auges schwarz seyn, um die Undeutlichkeit zu vermeiden, welche aus den vielen Zurückwerfungen der Lichtstrahlen entstehen würde. Endlich entfaltet sich der innere markige Theil des optischen Nerven wie die vorhergehenden und bildet eine weißgraue Nervenhaut, welche auf der

Aderhaut liegt und die Netzhaut genannt wird. Man nimmt an, daß auf dieser Haut die Empfindung des Sehens statt findet. Nun läßt sich leicht einsehen, wie der Act des Sehens vor sich geht. Die von den äußern Gegenständen ausgehenden Lichtstrahlen fallen auf die durchsichtige Hornhaut, gehen durch die wässerige Feuchtigkeit, die Krystallinse und die gläserne Feuchtigkeit hindurch und vereinigen sich auf der Netzhaut, in dem Brennpunkte des Instruments, wo sie ein kleines umgekehrtes Bild des Gegenstandes bilden. Dieses Resultat läßt sich an den gleich nach dem Tod ausgenommenen Augen der Menschen oder Thiere nachweisen; denn wenn man den hintern Theil der harten Haut verdünnt und in einer passenden Entfernung einen leuchtenden Gegenstand vor das Auge stellt, so sieht man, daß auf dem Hintergrunde des Auges ein sehr deutliches umgekehrtes Bild des Gegenstandes entsteht, wenn man es von hinten betrachtet, welches sich im umgekehrten Verhältniß der Entfernung ändert.

Bei ungleichen Entfernungen kann man mit optischen Instrumenten nur dann deutlich sehen, wenn man die Brennweite des Fernrohrs verhältnißmäßig verändern kann. Durch welchen Mechanismus wird aber diese Bedingung bei dem Auge erfüllt, wo das Sehen bei sehr verschiedenen Entfernungen statt findet? Denn daß in dem Auge etwas ähnliches statt findet, wie die Veränderung der Brennweiten in den Fernröhren, erhellt daraus, daß das Auge eine gewisse Zeit und selbst einen gewissen Kraftaufwand gebraucht, um von nahen Gegenständen

zu entfernten überzugehen. Hiervon kann man sich überzeugen, wenn man einen kleinen Gegenstand, z. B. ein Haar in geringer Entfernung vom Auge in eine solche Lage bringt, daß er sich auf einen andern entferntern Gegenstand projicirt. Es ist alsdann unmöglich, beide Gegenstände zugleich deutlich zu sehen und das Auge ist genöthigt, abwechselnd von dem einen zu dem andern überzugehen. Die Anatomie hat sich aber wegen der Auffindung des Mechanismus, durch welchen das Auge seine Wirkungen so verändern kann, vergeblich bemüht. Man nahm Anfangs an, daß der vordere Theil der Hornhaut nach Belieben eine mehr hohle oder erhabene Form annehmen, oder vielmehr, daß sich die Netzhaut nähern oder entfernen und so dem Brennpunkte bei seinen Verrückungen folgen könnte. Allein genauere Versuche haben die Unrichtigkeit dieser beiden Annahmen dargethan. Es ist also noch die Krystalllinse übrig, welche diese Erscheinung hervorbringen kann und wir glauben, daß es die Krystalllinse ist, welche es möglich macht, daß das Auge in ungleichen Entfernungen deutlich sehen kann; denn verliert es die Krystalllinse, so verliert es diese Fähigkeit. Personen, mit welchen die Operation des Staares vorgenommen wurde, die bekanntlich darin besteht, daß die undurchsichtig gewordene Krystalllinse herausgenommen wird, sehen daher nur noch in einer bestimmten Entfernung deutlich und zwar in einer großen Entfernung, wie die weitsichtigen Personen.

Wie aber der Act des Sehens von uns empfunden wird, das wissen wir nicht und alles,

was wir wir wissen, besteht darin, daß der auf der Netzhaut hervorgebrachte Eindruck durch den optischen Nerven nach dem Gehirne fortgepflanzt wird. Von diesem Gesichtspunkt ausgehend, glaubte Mariotte, daß das Bild eine desto lebhaftere Empfindung hervorbringen müßte, je mehr es sich dem Orte näherte, wo sich dieser Nerv auf der Netzhaut entfaltet und daß dieser Eindruck am stärksten seyn müßte, wenn das Bild des Gegenstands in diesen Ort selbst fiele. Der Versuch gab ihm aber ein gerade entgegengesetztes Resultat; denn er fand vermittels eines sehr einfachen Verfahrens, daß dieser Punkt der Netzhaut unempfindlich ist und daß ein Gegenstand unsichtbar wird, wenn man eine solche Lage annimmt, daß sein Bild in diesen Punkt fällt.

Die Axe des Auges, d. h. die Richtung, in welcher wir die Gegenstände gewöhnlich sehen, ist nicht diejenige, in welcher wir sie am besten sehen. Der Theil der Netzhaut, welcher dieser Richtung entspricht, ist gleichsam durch den Gebrauch abgehärtet und weniger empfindlich, als die benacharten Theile. Auch sieht man einen Gegenstand viel genauer, wenn man ihn etwas von der Seite, als wenn man ihn in gerader Richtung betrachtet. Aus diesem Grunde sagen die Astronomen, daß man, um einen Stern zu sehen, denselben nicht betrachten muß, d. h. man sieht ihn besser, wenn man das Auge gerade auf einen benachbarten Ort des Sterns richtet. Die durch die Lichtstrahlen auf der Netzhaut hervorgebrachte Empnfidung dauert einige Zeit. Daher erscheint eine glühende Kohle, welche schnell

im Kreise gedreht wird, als ein leuchtender Kreis. Und wenn man sie in einem Diaphragma (Blendung), worin sich ein Loch befindet, sich so drehen läßt, daß man sie nur bei ihrem Durchgange vor diesem Loche sieht, so scheint sie beständig davor zu seyn, wenn die Bewegung so schnell ist, daß die glühende Kohle in einer Secunde zehnmal vor dem Loche vorüber geht. Wenn man dieselbe Farbe lange Zeit betrachtet, so entsteht in den Nerven der Netzhaut eine zarte Empfindung, welche verursacht, daß man diese Farbe während einiger Zeit nicht so leicht als die Ergänzungsfarbe wahrnimmt. Hat man z. B. längere Zeit hindurch rothe oder grüne Farben betrachtet, so sieht man auf den Gegenständen, welche man betrachtet, grüne oder rothe Flecken; denn diese beiden Farben sind Ergänzungsfarben von einander, d. h. sie geben zusammen Weiß.

Es ist wahrscheinlich, daß die Nerven, welche eine gewisse Farbe empfinden, nicht dieselben sind, als die, welche eine andere empfinden. Dieses scheint wenigstens aus der unwiderstreitbaren Thatsache hervorzugehen, daß es Personen gibt, welche nicht alle Farben wahrnehmen.

Colardeau gehörte zu diesen Personen. Er beschäftigte sich zuweilen mit Malen, und er malte eines Tags eine scharlachrothe Tafel, welche er schwarz zu malen glaubte. Als man ihn darauf aufmerksam machte, konnte er zwischen beiden Farben keinen Unterschied finden. Es lebt jetzt noch in England ein berühmter Gelehrter, welcher bei der Untersuchung gewisser Pflanzen bemerkte, daß er von allen Farben keine Empfindung mehr hatte und die Jahrbücher der Acade-

mie sprechen von einer ganzen Familie, welche das Grüne mit dem Rothen verwechseln und die Kirschen von den Blättern nur durch ihre Form unterscheiden können.

Zweite Vorlesung.

Geschichte der Astronomie. Erklärungen.

Eine dicke Wolke bedeckt die Wiege aller Wissenschaften; aber die Geschichte der Astronomie ist vielleicht in ein noch tieferes Dunkel gehüllt. So alt als die Menschheit und verbunden mit den ersten Bedürfnissen derselben, mußte die Astronomie gleich Anfangs die Wißbegierde der Menschen anregen und astronomische Beobachtungen mußten sie anziehen. Aber diese ersten Elemente der Wissenschaft, welche an verschiedenen Orten und in entfernten Zeiten gesammelt sind, sind für sie, wie für ihre Geschichte verloren.

Wir wollen daher die Geschichte der Astronomie nicht von ihrem ersten Ursprunge bis auf unsere Tage vollständig durchgehen, sondern blos zeigen, wie sie sich nach und nach in ihren Hauptpunkten entwickelt hat.

Die Chaldäer waren wahrscheinlich die ersten, welche sich mit der Astronomie beschäftigten. Dieses Hirtenvolk bewohnte die herrlichsten Gegenden von Asien, die schönsten Länder der Erde. Die Gewohnheit, des Nachts im Freien sich aufzuhalten, die Klarheit des Himmels, ein weiter Horizont, alles mußte sie schon früh veranlassen, die Bewegungen der Himmelskörper

zu verfolgen und die auffallenden Erscheinungen derselben zu studiren.

Von den Chaldäern wurde die Astronomie bald nach Aegypten, dieser Wiege der Künste und Wissenschaften, verpflanzt, wo sie große Fortschritte machte. Die Priester bemächtigten sich ihrer, vermischten sie mit der Religion und bedienten sich ihrer als ein Beherrschungsmittel eines leichtgläubigen Volks, welches sie in Unwissenheit und Aberglauben zu erhalten suchten.

Die Phönicier machten die ersten Anwendungen astronomischer Beobachtungen auf die Schifffahrt. Sie hatten bemerkt, daß bei der allgemeinen täglichen Bewegung der Himmelskugel einer der Sterne des kleinen Bären immer dieselbe Lage zu behalten schien. Nach diesem Sterne richteten sie ihren Lauf und ihre Ueberlegenheit bestand darin, daß sie seit der Zeit des Nechors, wo die übrigen Völker kaum die Küsten zu verlassen wagten, über das rothe Meer nach Afrika geschifft waren und nach drei Jahren nach der Mündung des Nils zurück kamen.

Fast um dieselbe Zeit wurde die Astronomie von den Phöniciern durch Thales nach Griechenland gebracht. Er lehrte den Griechen, welche nur den großen Bär zu beobachten wußten, was für ein sicherer Führer der Polarstern für die Schifffahrt sey. Er erklärte ihnen die Gesetze der Bewegung der Sonne und des Mondes und leitete daraus die Erklärung der Dauer der Tage und die Bestimmung des Sonnenjahres ab. Er kannte die Ursachen der Sonnen- und Mondfinsternisse und er scheint sogar die Mittel gekannt zu haben, sie vorher zu bestim-

men; denn er erlangte einen großen Ruf, als er eine Finsterniß vorher sagte, welche an dem Tag einer Schlacht zwischen den Medern und Lydiern statt fand.

Anaximander, einer seiner Schüler, erfand den Erdglobus, ließ zu Sparta den Gnomon construiren, welcher ihm zur Bestimmung der Tag- und Nachtgleichen und der Sonnenwenden diente, und er bestimmte die Schiefe der Ekliptik mit ziemlicher Genauigkeit. Die Griechen säumten nicht, diese neuen Ideen bei ihrer Schifffahrt zu benutzen, aber sie waren gegen den Gelehrten, welcher sie ihnen zugebracht hatte, nicht erkenntlich. Sie verfolgten ihn und würden ihm sogar das Leben genommen haben, wenn es Pericles nicht gelungen wäre, denselben der Wuth dieses abergläubischen Volks zu entziehen. Sein Verbrechen bestand darin, daß er gelehrt hatte, die Welt würde durch unwandelbare Gesetze regiert.

Durch Pythagoras, welcher ungefähr 500 Jahre vor unserer Zeitrechnung lebte, machte die Wissenschaft große Fortschritte. Er bereicherte sie mit fast allen großen Ideen, worauf sie noch jetzt beruht. Er entdeckte das Weltsystem, welches Copernicus Namen führt. Er faßte zuerst die kühne Idee, daß die Planeten bewohnte Weltkörper sind, wie der, auf welchem wir uns bewegen, und daß die Sterne in dem unendlichen Himmelsraum eben so viel Sonnen sind, welche dazu bestimmt sind, den Planetensystemen, welche sich um sie bewegen, Wärme und Licht zuzusenden. Er sah auch in den Kometen keine vorübergehenden Meteore, welche sich in der Atmo-

sphäre gebildet haben, sondern fortdauernde Gestirne, welche sich nach eigenthümlichen Gesetzen um die Sonne bewegen. Der Erste, welcher die Klimata nach der Länge der Tage und Nächte abtheilte, war Pythagoras, wodurch er bei den Griechen vielen Geschmack an der Astromie erweckte. Da sie den Athenern nicht mehr genügen konnten, so gingen sie zu den Quellen dieser Wissenschaft selbst zurück; sie studirten sie in Aegypten und Eudoxius brachte bei seiner Rückkehr von dort neue Kenntnisse mit, welche er in mehreren Werken aus einander setzte. Er erklärte den bei den olympischen Spielen versammelten Griechen den berühmten neunzehnjährigen Cyclus, welchen Meton zur Vereinigung der Bewegung der Sonne und des Mondes angegeben hatte. Das Jahr dieses Cyclus kommt in unsern Kalendern noch unter dem Namen der goldenen Zahl vor.

Alle Wissenschaften stehen im engen Zusammenhang und bieten einander gegenseitig die Hand dar. Durch die Astronomie wurde die Physik und Geographie erweitert. Aristoteles bestimmte durch astronomische Beobachtungen die Figur und Größe der Erde. Er leitete den Beweis für ihre Kugelgestalt aus dem kreisförmigen Schatten, welchen sie bei den Finsternissen auf die Mondscheibe wirft, und aus der Ungleichheit der Meridianhöhen der Sonne unter verschiedenen Breiten ab.

So erweiterte sich in den Händen dieser berühmten Gelehrten das Gebiet der Astronomie. Aber unter allen Schulen des Alterthums, in welchen diese Wissenschaft gelehrt wurde, zeich-

nete sich die zu Alexandrien besonders aus. Sie sammelte mit vieler Einsicht eine große Menge von Beobachtungen, welche sie mit winkelmessenden Justrumenten anstellte. Sie beschrieb die Sternbilder mit Sorgfalt, bestimmte die Lage der Gestirne und den Lauf der Planeten mit Genauigkeit und fing sogar an, die Ungleichheiten der Bewegung der Sonne und des Mondes zu erklären. Hipparch bestimmte in dieser Schule die Länge des tropischen Jahrs bis auf vier und eine halbe Minute genau, eine Genauigkeit, welche man bis dahin noch nicht erreicht hatte.

Ptolemäus, welchen man als den ersten Astronomen betrachtet, lebte im zweiten Jahrhundert unserer Zeitrechnung. Von ihm haben wir eine große Sammlung astronomischer Beobachtungen und wichtiger Entdeckungen der Alten. In diesem Werke gibt er die Theorie und Tafeln der Bewegung der Sonne, des Mondes, der Planeten und der Fixsterne. Er hatte das Weltsystem angenommen, welches die Erde im Mittelpunkte der Welt voraussetzt und welches seinen Namen führt. Ungeachtet der Fehler dieses Systems hat dieser große Mann die Sonnen- und Mondfinsternisse auf sechs Jahrhunderte voher berechnet.

Dieses Werk des Ptolemäus wurde gegen das Jahr 826 von den Arabern übersetzt und Almagest genannt. Vierhundert Jahre später wurde dasselbe auf Befehl des deutschen Kaisers Friedrichs II. in das Lateinische übersetzt. Darauf versammelte der König Alphonsus von Castilien die vorzüglichsten bekannten Astronomen und ließ von denselben neue Tafeln verfer-

tigen, welche die Alphonsinen genannt wurden. Diese Begünstigung der Astronomie fiel den Gebildeten Europas auf, sie stieg in ihrem Ansehen und wurde von ihnen cultivirt. Die Lehrbücher vermehrten sich und mit ihnen die Instrumente, welche die Beobachtungen erleichterten. Aber die merkwürdigste Erscheinung dieser Epoche ist die, daß das alte Weltsystem des Pythagoras wieder zum Vorschein kam. Copernicus, welcher 1472 zu Thorn geboren wurde, war es, der es wieder hervorrief. Er fand, daß das Ptolemäische System, welches die Erde als unbeweglich annimmt und die Sonne, den Mond und die Planeten in concentrischen Kreisen um sie bewegen läßt, nicht mit den Erscheinungen übereinstimmte. Er bemerkte, daß die Schwierigkeiten verschwänden, wenn man annähme, daß die Sonne der Mittelpunkt ist, um welchen die jährliche Umdrehung der Erde und der übrigen Planeten geschieht. Diese Theorie beruht auf so unbestreitbaren Schlüssen, daß sie jetzt die einzige ist, welche in Europa gelehrt wird. Leider hat Copernicus nicht das Vergnügen gehabt, die von ihm so ernstlich vertheidigte Lehre triumphiren zu sehen. Von den Scheinheiligen verfolgt und wegen vieler Hindernisse, welche ihm von den Gelehrten in den Weg gelegt wurden, konnte er das Werk, welches das Resultat seiner Beobachtungen enthielt, erst lange nach dessen Vollendung bekannt machen. Das erste Exemplar erhielt er erst einige Tage vor seinem Tode.

Den einzigen, etwas ernstlichen Einwurf gegen die Theorie des Copernicus machte Tycho-Brahe, ein berühmter dänischer Astronom,

welcher seine Theorie vorherrschend machen wollte. Sein System ist wenig von dem des Ptolemäus verschieden, aber doch unter seinem Namen bekannt. Es setzt voraus, daß sich die Erde im Mittelpunkte der Welt befindet und daß die Sonne sich in 24 Stunden um sie bewegt. Dasselbe geschieht von den Planeten, aber in periodischen Zeiten und zwar Merkur zunächst, weil er am wenigsten von der Erde entfernt ist, und dann folgt Venus, Mars, Jupiter und Saturn. Jedoch nehmen einige seiner Schüler an, daß die Erde eine tägliche Bewegung um ihre Axe habe und daß die Sonne und alle Planeten sich in einem Jahr um die Erde bewegen. Wir werden die Unrichtigkeit dieser Voraussetzung darthun, wenn wir von dem Systeme des Copernicus reden.

Einer der Schüler des Tycho-Brahe, Kepler, brachte die Astronomie schnell weiter. Hipparch, Ptolemäus und selbst Copernicus verdankten einen großen Theil ihrer Kenntnisse den Aegyptern, Chaldäern und Indiern. Sie bewegten sich auf einer betretenen Bahn. Kepler aber verdankte die Entdeckungen, wodurch er so berühmt geworden ist, blos seinem Genie; die alte Astronomie konnte ihm auf seiner Bahn nicht als Führer dienen.

Gallilei lebte um dieselbe Zeit. Während Kepler die Bahnen der Planeten bestimmte und die Gesetze ihrer Bewegungen fand, unterwarf er seine Untersuchungen den allgemeinen mechanischen Gesetzen, welche seit zwei Jahrtausenden unberücksichtigt geblieben waren. Mit Hülfe der Arbeiten dieser beiden Gelehrten wurde es New-

ton und Huygens in der Folge möglich, alle planeterischen Bewegungen zu bestimmen. Gallilei hatte auf eine unbestreitbare Weise dargethan, daß die Erde eine tägliche Bewegung um ihre Axe und eine jährliche um die Sonne hat; allein seine Lehre war gegen die einmal angenommenen Begriffe. Die Cardinäle forderten ihn deshalb vor Gericht und verurtheilten ihn deshalb ohne Rücksicht auf sein Alter, seine Tugenden und sein Genie zu einer lebenslänglichen Gefängnißstrafe.

Seit Newton, welcher die Astronomie vervollkommnete, ist sie von großen und berühmten Männern durch herrliche Entdeckungen bereichert; allein wir können uns bei der Geschichte dieser Wissenschaft nicht länger aufhalten und müssen nun in ihr Gebiet selbst eintreten.

Vorläufige Begriffe. — Erklärungen.

Die Astronomie beschäftigt sich mit den Bewegungen, den Entfernungen, der Größe, der physischen Beschaffenheit, den Finsternissen und allen andern Erscheinungen der Himmelskörper.

Unter der allgemeinen Benennung Gestirne versteht man gewöhnlich alle Himmelskörper; aber die Astronomie bringt sie in verschiedene Klassen.

Fixsterne nennt sie diejenigen, welche bei der täglichen Umdrehung der Himmelskugel immer dieselbe relative Lage und dieselben Entfernungen von einander zu behalten scheinen. Um sie leichter wieder auffinden und bezeichnen zu können, haben sie die Astronomen in verschiedene Gruppen abgetheilt, welche Sternbilder genannt

werden. Jedes derselben hat seine besondere Benennung, welche von dem Namen eines Menschen, eines Thiers und zuweilen auch von seiner Form abgeleitet, aber fast immer zufällig gewählt ist. Wegen des Nutzens dieser Benennungen sind sie auch unter uns noch beibehalten. Um die Sterne jedes Sternbildes von einander zu unterscheiden, klassificirt man sie nach ihrem Glanz, oder nach ihrer scheinbaren Größe, indem man jedem eine besondere Bezeichnung gibt. Man bezeichnet z. B. den größten durch A und die übrigen nach der von Johann Bayer in seinen Sternkarten angewandten Methode nach der Ordnung ihrer Größe durch die griechischen Buchstaben α, β, γ, ꝛc. Wenn die Buchstaben des griechischen Alphabets nicht ausreichen, so bedient man sich der lateinischen Buchstaben und auch der gewöhnlichen Zahlen 1, 2, 3, ꝛc. Diese Bezeichnung wird von allen neuern Astronomen angewandt.

Die Beobachtungen haben gezeigt, daß gewisse Sterne außer der täglichen Umdrehungsbewegung noch eine eigene Bewegung haben, in Folge welcher ihre Entfernung von den benachbarten Sternen sich ändert und man hat sie deswegen Planeten (Irrsterne) genannt. Herschel erklärt die Planeten als Himmelskörper von einer beträchtlichen Größe, deren Bahnen wenig von der Kreisform abweichen, gegen die Bahn der Erde nur eine Neigung von einigen Graden haben und unter sich weit von einander entfernt sind, und welche Atmosphären haben, deren Dicke mit ihren Durchmessern aber in einem

fast kaum merklichen Verhältnisse stehen. Sie haben Trabanten (Satelliten, Monde) oder Ringe.

Man unterscheidet die Planeten in *Haupt-* und *Nebenplaneten*. Hauptplaneten sind diejenigen, welche sich um die Sonne als Mittelpunkt bewegen, und Nebenplaneten, gewöhnlich Trabanten oder Monde genannt, sind die, welche sich um einen Hauptplaneten als Mittelpunkt bewegen und von diesem bei seiner Bewegung um die Sonne mit fortgeführt werden.

Die Hauptplaneten werden wieder in *obere* und *untere* abgetheilt. Die obern Planeten sind diejenigen, welche, wie Mars, Jupiter, Saturn und Uranus, weiter von der Sonne entfernt sind, als die Erde, und die untern diejenigen, welche, wie Merkur und Venus, der Sonne näher sind, als die Erde.

Hinsichtlich der neu entdeckten Planeten: Ceres, Juno, Pallas, Vesta und der, welche in Zukunft noch können entdeckt werden, hat Herschel den Namen *Asteroiden* vorgeschlagen, welcher die Himmelskörper bezeichnet, die sich in solchen Bahnen um die Sonne bewegen, welche beliebig weit von der Kreisform abweichen und deren Ebenen mit der Ebene der Erdbahn beliebige Winkel bilden, welche sich in diesen Bahnen rückwärts oder vorwärts bewegen und Atmosphären haben oder nicht.

Zur Bezeichnung der Planeten in den Sternkarten, oder auf den künstlichen Himmelskugeln bedient man sich folgender Zeichen. Merkur ☿, Venus ♀, Erde ♁, Mars ♂, Vesta ⚶, Juno ⚵, Ceres ⚳, Pallas ⚴, Jupiter ♃, Saturn ♄, Herschel oder Uranus ♅.

Die Bahn eines Gestirns ist die krumme Linie, welche dasselbe um seinen Centralkörper beschreibt. Die Bahnen der Planeten sind Ellipsen, welche wenig von der Kreisform abweichen; dagegen weichen die Bahnen der Kometen sehr von dieser Form ab. Man sagt daher: die ersten sind wenig, aber die letzten sehr excentrisch.

Die Ellipse ist diejenige krumme Linie, welche entsteht, wenn man einen geraden Kegel mit kreisförmiger Grundfläche mit einer Ebene schief gegen die Grundfläche so durchschneidet, daß die Ebene die Grundfläche nicht trifft. Man kann die Ellipse auf einer Ebene beschreiben, wenn man die Endpunkte eines Fadens in zwei Punkten befestigt, deren Entfernung kleiner ist, als die Länge des Fadens und alsdann längs dieses Fadens einen Bleistift so fortgleiten läßt, daß der Faden immer gespannt bleibt. Die beiden festen Punkte sind alsdann die Brennpunkte der Ellipse, die durch sie gehende gerade Linie ist die große Axe und die in ihrer Mitte auf ihr senkrechte gerade Linie die kleine Axe und die Entfernung des Mittelpunkts der großen Axe von einem Brennpunkt ist die Excentricität der Ellipse.

Die Ekliptik ist die Bahn, welche die Sonne scheinbar um die Erde und die Erde wirklich um die Sonne beschreibt.

Der Thierkreis ist eine Kugelzone von ungefähr 17 Graden Breite, welche von der Ekliptik in zwei gleiche Theile getheilt wird. Er wird in zwölf gleiche Theile abgetheilt, Zeichen genannt, und jedes Zeichen in dreißig Grade. Die Zeichen des Thierkreises haben alle besondere

Benennungen und Bezeichnungen erhalten. Es sind folgende: Widder ♈, Stier ♉, Zwillinge ♊, Krebs ♋, Löwe ♌, Jungfrau ♍, Waage ♎, Scorpion ♏, Schütze ♐, Steinbock ♑, Wassermann ♒, Fische ♓, welche in der angeführten Ordnung, von Westen nach Osten gezählt, auf einander folgen. Dieses nennt man die Ordnung der Zeichen.

Der scheinbare Horizont ist eine Ebene, welche die Erdkugel in dem Punkte berührt, worin sich der Beobachter befindet und welche unsern Gesichtskreis abschließt.

Der wahre Horizont ist eine Ebene, welche durch den Mittelpunkt der Erde geht und mit dem scheinbaren Horizonte parallel ist.

Der höchste Punkt der uns sichtbaren halben Himmelskugel, welcher gerade über uns liegt und der Punkt ist, in welchem die verlängerte Richtung des Fadens eines Bleilothes das Himmelsgewölbe treffen würde, heißt das Zenith (der Scheitelpunkt). Der diesem Punkt in der andern Halbkugel des Himmels gerade gegenüber liegende Punkt heißt das Nadir (Fußpunkt).

Ein größter Kreis, welcher durch das Zenith und Nadir geht, ist auf dem Horizonte senkrecht und heißt Scheitel- oder Höhenkreis, weil die Höhe eines Gestirns über dem Horizonte auf einem solchen Kreise durch den zwischen dem Gestirn und Horizonte liegenden Bogen desselben gemessen wird.

Die gerade Linie, um welche sich die Himmelskugel zu drehen scheint, heißt die Weltaxe und die beiden Punkte, in welchem sie das Him-

melsgewölbe trifft, heißen die Weltpole. Der uns sichtbare Pol heißt der nördliche und der uns nicht sichtbare der südliche Pol.

Der größte Kreis, dessen sämmtliche Punkte von den beiden Polen gleich weit entfernt sind, heißt der Aequator, weil er die ganze Himmelskugel in zwei gleiche Halbkugeln theilt, welche nach dem darin befindlichen Weltpole die nördliche oder südliche genannt werden.

Jeder zum Aequator parallele Kreis heißt ein Parallelkreis. Der größte Kreis, welcher durch die beiden Weltpole und durch das Zenith eines Ortes geht, heißt der Meridian (Mittagskreis) dieses Orts und die Durchschnittslinie der Ebene des Meridians mit der des Horizonts wird die Mittagslinie genannt.

Ein größter Kreis durch die Weltpole und ein Gestirn wird dessen Declinationskreis genannt, und der Bogen desselben, welcher zwischen dem Gestirn und dem Aequator liegt, heißt die Declination desselben.

Der Winkel zwischen der Ebene des Meridians und der des Höhenkreises eines Gestirns wird das Azimuth des letztern genannt.

Der Winkel zwischen der Ebene des Meridians und der des Declinationskreises eines Gestirns heißt der Stundenwinkel desselben.

Die beiden Punkte, welche von allen Punkten der Ekliptik um 90 Grade entfernt sind, heißen die Pole der Ekliptik.

Ein größter Kreis, welcher durch diese beiden Pole und einen Stern geht, heißt der Breitenkreis desselben und der Bogen dieses Kreises zwischen dem Stern und der Ekliptik heißt

die Breite des Sterns. Die Durchschnittspunkte der Ekliptik mit dem Aequator werden die Aequinoctial= oder Nachtgleichenpunkte genannt, weil, wenn die Sonne in diesen Punkten steht, Tag und Nacht auf der ganzen Erde gleich sind, und zwar heißt der dieser beiden Punkte, aus welchem die Sonne in die nördliche Halbkugel tritt, der Frühlingspunkt und der entgegengesetzte der Herbstpunkt.

Der Bogen des Aequators zwischen dem Frühlingspunkt und dem Declinationskreis eines Sterns heißt die Rectascension oder gerade Aufsteigung des letztern und der Bogen der Ekliptik zwischen dem Frühlingspunkt und dem Breitenkreis eines Sterns heißt die Länge dieses letztern.

Die Solstitial= oder Sonnenwendepunkte sind die beiden Punkte der Ekliptik, in welchen die Sonne nördlich und südlich am weitesten vom Aequator entfernt zu seyn scheint, und die beiden durch diese Punkte gehenden Parallelkreise heißen die Wendekreise der Sonne, während die durch die Pole der Ekliptik gehenden Parallelkreise die Polarkreise heißen. Der Declinationskreis, welcher durch die Aequinoctialpunkte geht, heißt der Colur der Nachtgleichen und der durch die Solstitialpunkte gehende Declinationskreis wird der Colur der Sonnenwenden oder Solstitien genannt.

Die Durchschnittslinie der Ebene des Aequators am Himmel mit der Erdoberfläche heißt der Erdäquator und die Durschnittslinie der Ebene eines Meridians am Himmel mit der Oberfläche der Erde wird ein Erdmeridian genannt.

Die geographische Breite eines Orts auf der Erdoberfläche ist der Bogen des durch diesen Ort gehenden Erdmeridians zwischen diesem Ort und dem Erdäquator.

Die geographische Länge eines Orts auf der Erde ist der Bogen des Erdäquators, welcher zwischen dem Meridian dieses Orts und dem Meridian eines bestimmten andern Orts, z. B. von Paris, welcher als der erste Meridian angesehen wird, liegt.

Zwei Planeten sind in Conjunction, wenn sie dieselbe Länge haben, und sie sind in Opposition, wenn ihre Längen um 180 Grade verschieden sind.

Die Punkte, wo die Bahn eines Planeten die Ekliptik schneidet, heißen Knoten und zwar heißt der, in welchem sich der Planet nach Norden über die Ekliptik erhebt, der aufsteigende und der, von welchem aus der Planet nach Süden unter die Ekliptik geht, der niedersteigende Knoten. Die gerade Linie, welche beide Knoten verbindet, heißt die Knotenlinie.

Das Apogäum ist der Punkt der Bahn eines Planeten, in welchem er am weitsten von der Erde entfernt ist, und das Perigäum ist derjenige Punkt der Planetenbahn, in welchem der Planet der Erde am nächsten ist.

Die Apsiden sind die beiden Punkte der Bahn eines Planeten, in welchem er die größte oder kleinste Entfernung von der Sonne hat. Der erste dieser beiden Punkte heißt das Aphelium und der andere das Periphelium und die gerade Linie, welche sie verbindet, die Absidenlinie. Die Conjunction und Opposition

des Mondes gegen die Sonne erhalten den gemeinschaftlichen Namen Syzygien.

Die Parallaxe ist der Winkel zwischen den Richtungen, nach welchen man einen Stern zu gleicher Zeit vom Mittelpunkte der Erde und einem Punkt ihrer Oberfläche aus sehen würde.

Die Parabel ist die Durchschnittslinie der Oberfläche eines Kegels mit einer zu einer Seitenlinie desselben parallelen Ebene. Diese krumme Linie ist folglich nicht geschlossen.

Dritte Vorlesung.

Ansicht des Himmels. — Scheinbare Bewegungen der Himmelskörper.

Wenn wir die Augen gen Himmel richten, so sehen wir, daß sich über uns eine große hohle Halbkugel bewegt, in deren Mittelpunkte wir uns zu befinden scheinen und welche sich nach unten mit dem Horizonte zu vereinigen scheint. Am Tage wird dieses große Gewölbe durch eine glänzende Scheibe erleuchtet, welche in der Morgengegend aufgeht, es majestätisch durchläuft, ihren höchsten Stand über dem Horizont erreicht, dann wieder sinkt und endlich in der Abendgegend wieder verschwindet. Das Licht, welches sie verbreitet und zurückgelassen hatte, verschwindet bald und alsdann erscheinen zu allen Seiten des unendlichen Raums eine Menge leuchtender Punkte von verschiedener Größe, deren Zahl desto größer wird, je mehr die Dunkelheit zunimmt. Durch die Bewegungen derselben wird die Schönheit des Schauspiels des Himmels bedeutend erhöht.

Während die einen in Folge ihrer Bewegung in derselben Richtung als die Sonne, wie sie in der Abendgegend unter den Horizont sinken, kommen andere in der Morgengegend zum Vorschein, durchlaufen das Himmelsgewölbe und verschwinden ebenfalls auf derselben Seite, wo sich die Sonne unsern Blicken entzog. Sie verschwinden jedoch nicht alle unter dem Horizonte, sondern viele erreichen diesen Gesichtskreis niemals und man kann sie die ganze Nacht hindurch in ihrem Laufe verfolgen. Einer derselben scheint sogar ganz unbeweglich zu seyn. Während die einen sehr große Kreise am Himmel beschreiben, scheinen die andern nur kleine Kreisbogen am Horizonte zu durchlaufen und einige sind fast nur im Auf- und Untergehen begriffen. Dieses sind die Erscheinungen des Auf- und Untergehens der Gestirne und diese allgemeine Bewegung der gestirnten Himmelskugel, welche in einem Tag und einer Nacht vollendet wird, nennt man die tägliche Bewegung der Gestirne. Diese Bewegung der Gestirne ist gleichförmig, d. h. sie durchlaufen in gleichen Zeiten gleiche Bogen der Kreise, welche sie parallel zum Aequator beschreiben.

Bei dieser Umdrehung der Himmelskugel scheinen die Sterne beim ersten Anblick immer dieselben gegenseitigen Entfernungen von einander zu behalten, aber bei genauern Beobachtungen zeigt sich bald, daß, wenn gleich die größere Zahl derselben immer ihre relative Lage behalten, doch einige eine eigene Bewegung haben, in Folge welcher sie nach und nach von einem Sternbilde zum andern fortrücken. Diese fortrückende Bewegung haben diejenigen Sterne, welche man,

wie schon oben bemerkt ist, Planeten nennt, und die Bewegung selbst heißt ihre eigene Bewegung.

Die Sonne hat ebenfalls, wie die Planeten, eine eigene Bewegung, denn wir sehen sie successive an verschiedenen Punkten des Horizonts auf- und untergehen. Am Ende des Monats Juni geht sie in der Nähe von Norden auf, bleibt lange über dem Horizont und nähert sich, bei ihrem höchsten Standpunkt über demselben immer mehr dem Zenith, während sie am Ende des Monats December näher bei Süden aufgeht, sich vom Zenith entfernt und nur einen kleinen Bogen über dem Horizonte beschreibt. Diese Bewegung ist die Ursache des Wechsels der Jahreszeiten und der ungleichen Länge der Tage und Nächte.

Die Bewegung des Mondes und der Anblick desselben in den verschiedenen Zeitpunkten seines Laufes sind noch merkwürdiger. Zuerst erscheint er in dem westlichen Theile des Himmels in geringer Entfernung von der Sonne unter der Form einer Sichel, welche um so breiter wird, je weiter sich der Mond von der Sonne entfernt, bis er endlich in Osten in demselben Augenblick aufgeht, in welchem die Sonne in Westen untergeht. In dieser Zeit hat er eine kreisförmige Gestalt. Hierauf rückt er allmählig weiter nach Osten fort, erscheint immer mehr ausgeschweift und steigt in jeder Nacht höher über den Horizont, bis er der Sonne in Osten wieder eben so nahe ist, als er es in Westen war. Er erscheint alsdann des Morgens kurze Zeit vor ihr, wie er in der ersten Hälfte seines Laufs des Abends

kurz nach ihr erschien. Diese verschiedenen Lichtgestalten des Mondes kehren jeden Monat in derselben Ordnung wieder.

Zuweilen bemerkt man endlich am Himmel leuchtende Körper, welche von den bisher genannten ganz verschieden sind und wegen der verschiedenen Veränderungen, die mit ihnen vorgehen, immer ein Gegenstand der Bewunderung und der Neugierde der Menschen gewesen sind. Anfangs sind sie sehr klein und von schwachem Licht, aber bald bekommen sie eine beträchtliche Größe und zeigen einen leuchtenden Streifen (Schweif) von sehr verschiedener Ausdehnung und Helligkeit. Es sind die Kometen. Sie haben eine eigene Bewegung, deren Richtung veränderlich ist; je mehr sie sich der Sonne nähern, desto größer und heller wird ihr Schweif und endlich nimmt ihr Glanz und ihre Größe mehr oder minder schnell ab, bis sie ganz vor unsern Augen verschwinden.

Irrigerweise glaubt man gewöhnlich, daß die Sterne am Tage aus der Tiefe eines Schachtes gesehen werden könnten. Man kann sie aber nur mit Hilfe der Fernröhre und Teleskope am Tage sehen, oder wenn man in einem Luftschiff in die Höhe steigt, oder endlich wenn man sich auf hohe Berge begibt. Die Ursache, weswegen wir sie mit bloßem Auge am Tage nicht sehen, besteht darin, daß die durch die Atmosphäre zurückgeworfenen Lichtstrahlen einen Lichtschleier bilden, welcher, da ihr Licht verhältnißmäßig zu schwach ist, dieses verhindert. Ein Licht braucht in der That nur 60 Mal schwächer zu seyn als ein anderes, um bei der Gegenwart des letztern

nicht mehr wahrnehmbar zu seyn. Diese Thatsache kann durch einen sehr einfachen Versuch dargethan werden. Man setze zwischen zwei brennende Wachslichter einen Körper, welcher zwei Schatten wirft, bringe dann das eine Wachslicht in eine solche Entfernung, daß es auf den Körper nur noch den sechzigsten Theil des frühern Lichts wirft, welches nach dem bekannten Gesetz, daß die Lichtstärke im umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernung steht, leicht thunlich ist, so ist der durch dieses entfernte Licht hervorgebrachte Schatten nicht mehr sichtbar und folglich verschwindet seine Helligkeit gegen die des erstern. Aber wenn eine Bewegung statt findet, so wird er sichtbar und dieses ist der Hauptgrund, weswegen die Sterne mit optischen Instrumenten am hellen Tage sichtbar sind. Denn da diese Instrumente vergrößern, so vergrößern sie auch die gegenseitigen Entfernungen der Sterne beträchtlich und beschleunigen dadurch die Bewegungen derselben.

Außer der eigenen Bewegung, durch welche wir die Planeten und Kometen von den Fixsternen unterscheiden konnten, fällt uns bald noch ein anderer Unterschied auf, nämlich das Funkeln der Fixsterne, welches eine Veränderung ihrer Lichtstärke und Farbe ist. Um diese Erscheinung zu erklären, muß man sich auf eine neuerlich gemachte merkwürdige Entdeckung in den Eigenschaften des Lichts beziehen. Wenn man nämlich zwei von demselben leuchtenden Punkt ausgehende Lichtstrahlen wieder in einem und demselben Punkte zusammentreffen läßt, so ist die Lichtstärke nicht immer die Summe der Lichtstärke

beider, sondern es kann geschehen, daß, wenn man sie verschiedene Entfernungen durchlaufen oder durch Mittel von verschiedener Dichtigkeit hindurch gehen läßt, diese beiden Lichtstrahlen sich, statt zu einem stärkern zu vereinigen, gegenseitig aufheben, so daß dadurch eine Dunkelheit entsteht. Hierin besteht die Erscheinung der Interferenzen des Lichts und durch dieselbe läßt sich das Funkeln der Fixsterne erklären. Da die verschiedenen Theile der Atmosphäre hinsichtlich ihrer Dichtigkeit in einer beständigen Veränderung sind, so finden die Bedingungen der Erscheinung der Interferenzen des Lichts hier statt, und von den weißen Lichtstrahlen, die von den Sternen ausgehen, gelangen nur einige der Strahlen, woraus sie bestehen, zu unserm Auge, welche alsdann nur noch ein schwaches und verschieden gefärbtes Bild der Sterne hervorbringen. Die Planeten funkeln deswegen nicht, weil sie eine gewisse Größe haben.

Die Ansicht des Himmels ändert sich mit der Lage des Beobachters. Befindet sich der Beobachter in einem der Pole der Erde, z. B. im Nordpol, so ist der nördliche Weltpol sein Zenith und sein wahrer Horizont fällt mit dem Aequator zusammen. Alle Sterne, welche eine nördliche Declination haben, d. h. alle, welche zwischen dem Aequator und dem Nordpole liegen, scheinen parallele Kreise zum Horizonte zu beschreiben, diejenigen, welche im Aequator liegen, bewegen sich am Horizont herum und alle Sterne, welche eine südliche Declination haben, bleiben dem Beobachter immer unsichtbar.

Begibt sich nun der Beobachter unter den Aequator, so geht sein wahrer Horizont durch die Pole und in dieser Lage sieht er die Sterne während der ganzen Zeit, in welcher sie die Hälfte ihres täglichen Laufes vollenden, und die Ebene aller Kreise, welche sie durchlaufen, sind auf dem Horizonte senkrecht.

Wenn sich hierauf der Beobachter vom Aequator weiter nach einem der Pole, z. B. nach dem Nordpol begibt, so scheint sich dieser Pol allmählig über den Horizont zu erheben und der Südpol in demselben Verhältniß unter den Horizont zu sinken. Es sey z. B. ein Beobachter 30 Grade vom Aequator nach dem Nordpole zu entfernt, so ist F (Fig. 13 Taf. 1) sein Zenith, der größte Kreis **HOR** sein Horizont, die Ebene des Aequators **EOZ** um 30 Grade vom Zenith F und folglich um 60 Grade vom Horizont entfernt. Die Höhe des Pols **P** von 30 Graden wird durch den Winkel **HCP** gemessen und der Pol **P'** liegt eben so tief unter dem Horizont. Aus dieser Construction folgt, daß die Entfernung des Zeniths vom Aequator immer der Höhe des Pols über dem Horizonte gleich ist. In dieser Lage sind die Ebenen der Kreise, welche die Sterne beschreiben, gegen den Horizont geneigt.

Wenn man die Sterne in ihrem Laufe verfolgt, so sieht man, daß sie sich allmählig über den Horizont erheben, ihren höchsten Stand erreichen, dann wieder sinken und endlich unter dem Horizonte verschwinden und zwar ist diese Bewegung, wie schon bemerkt, gleichförmig.

Ihr höchster Standpunkt kann nach verschiedenen Methoden bestimmt werden, wovon die

einfachste vielleicht folgende ist, welche sich auf die correspondirenden Sonnenhöhen, d. h. auf die gleichen Sonnenhöhen vor und nach Mittag, gründet.

Auf einer genau horizontalen Ebene, welche sich leicht vermittels einer Wasserwage erhalten läßt, errichte man einen verticalen Stift, aus dessen Fußpunkt als Mittelpunkt mehrere concentrische Kreise beschrieben sind. Auf jedem dieser Kreise bemerke man die Punkte, welche den Endpunkten des Schattens des Stifts bei verschiedenen Sonnenhöhen Vor- und Nachmittags entsprechen, dann theile man den Bogen zwischen je zwei Punkten desselben Kreises in zwei gleiche Theile, so werden die Theilungslinien alle in eine Linie fallen, welche durch den Fußpunkt des Stifts geht und die Ebene bestimmt, in welcher sich die Sonne befindet, wenn sie ihren höchsten Stand erreicht hat. Dieses Instrument heißt Gnomon und die Ebene, zu deren Bestimmung es dient, ist der Meridian. Sie geht durch das Zenith des Orts und durch die Pole und schneidet den Horizont nach einer geraden Linie, welche die Mittagslinie heißt.

Eine andere ebenfalls sehr einfache Methode gründet sich auf die Zeitmessung, aber dabei ist die Anwendung des Passageinstruments oder des Mittagsrohrs, welches wir kurz beschreiben wollen, da es häufig in der Astronomie gebraucht wird, erforderlich.

Dies Instrument besteht, wie die astronomischen Fernröhre, aus einer cylindrischen Röhre mit einem Objectiv- und Ocularglase. Im Brennpunkte des Objectivs befindet sich eine Blen-

dung mit einer Oeffnung in der Mitte, durch welche nur die nahe bei der Axe des Fernrohrs einfallenden Strahlen durchgehen können und wodurch ein deutlicheres Sehen bewirkt wird. An demselben Orte befindet sich ein metallischer Ring, welcher beweglich ist und in welchem sehr feine Fäden aufgespannt sind. In diesem Ringe befinden sich gewöhnlich fünf parallele Verticalfäden und ein horizontaler Faden, welcher alsdann ein Fadenkreuz oder Mikrometer genannt wird. Das ganze Instrument, welches auf zwei Zapfen ruht, ist so eingerichtet, daß es sich in einer Verticalebene bewegt.

Um den Meridian zu bestimmen, bringt man das Instrument in die Verticalebene eines immer sichtbaren Sterns, beobachtet den Augenblick seiner größten und kleinsten Höhe und bemerkt auf einer genauen Uhr die Zeit, die zwischen zwei Durchgängen des Sterns verflossen ist. Wenn man die Verticalebene beliebig gewählt hat, so findet man fast immer einen großen Unterschied, indem die eine Zwischenzeit größer und die andre kleiner als zwölf Stunden oder die Zeit einer halben Umdrehung ist. Man braucht also diesen Unterschied nur zu kennen, um das Fernrohr nach und nach in die Ebene zu bringen, welche den von dem Stern beschriebenen Kreis in zwei gleiche Theile theilt, was sich vermittels mehrerer Versuche immer leicht erreichen läßt.

Es gibt verschiedene Methoden zur Bestimmung der Lage der Sterne, wovon die beiden folgenden besonders häufig angewandt werden.

Die erste Methode besteht darin, daß man die Winkel mißt, welche die durch die Sterne

gehenden Verticalebenen mit der Ebene des Meridians bilden, auf welche man sie bezieht, und daß man die Höhe der Sterne über dem Horizonte bestimmt.

Zuerst bestimmt man die Höhe des Sterns, indem man denselben in seiner Verticalebene vermittels eines in Grade, Minuten ꝛc. eingetheilten Viertelkreises, welcher mit einem Fernrohr versehen ist, beobachtet. In dem Brennpunkte dieses Fernrohrs, welches um den Mittelpunkt des Viertelkreises bewegt werden kann, befindet sich ein Fadenkreuz, welches beweglich ist und aus einem verticalen und einem horizontalen Faden besteht. Der eine Halbmesser des Quadranten muß in der Verticalebene des Sterns eine senkrechte Richtung haben und dem Nullpunkte des eingetheilten Quadranten entsprechen. Der verticale Faden des Fadenkreuzes dient dazu, die optische Axe, d. h. die gerade Linie, welche durch die Mitte des Objectivs und Oculars geht, in die Ebene des Quadranten zu bringen, welches durchaus nothwendig ist, damit die auf dem eingetheilten Kreise gemessenen Bogen den von der optischen Axe beschriebenen gleich sind. In dem Augenblick, in welchem der Stern in das Feld des Fernrohrs tritt, läßt man ihn vermittels eines schicklichen Mechanismus längs des horizontalen Fadens fortrücken und wenn sein Mittelpunkt den verticalen Faden berührt, so befindet er sich genau in der Verticalebene des Quadranten. Alsdann liest man auf dem eingetheilten Kreise den Bogen ab, welcher den von dem verticalen Halbmesser und der Gesichtslinie gebildeten Winkel mißt, so ist dieser Winkel die Zenithdistanz des Sterns und

die Ergänzung derselben zu 90 Graden seine Höhe über dem Horizonte.

Es kommt nun noch darauf an, den Winkel zwischen der Verticalebene eines Sterns und dem Meridian zu bestimmen, welcher das Azimuth des Sterns genannt wird und östlich oder westlich seyn kann. Man findet diesen Winkel, wenn man genau die Zeiten beobachtet, in welchen der Stern durch den Meridian und den Verticalkreis, worin man ihn beobachtet, geht und alsdann erhält man aus der zwischen beiden Durchgängen verflossenen Zeit, der Höhe des Sterns und der Polhöhe oder Breite des Beobachtungsorts durch eine leichte Rechnung das Azimuth.

Die Zenithdistanz und das Azimuth eines Sterns, wodurch seine Lage für einen bestimmten Augenblick bestimmt wird, können auch vermittels eines Instruments ermittelt werden, welches der ganze Kreis genannt wird und aus zwei eingetheilten Kreisen besteht, wovon der eine horizontal ist und die Mittagslinie enthält und der andere mit einem Fernrohr nebst Fadenkreuz auf dem ersten senkrecht ist und sich um die Verticale drehen läßt, welche durch den Mittelpunkt des horizontalen Kreises geht. Will man alsdann den Stern beobachten, so bringt man ihn in den Mittelpunkt des Fadenkreuzes, indem man vorher die Ebene des zuletzt genannten Kreises genau vertical stellt. Er gibt alsdann die Höhe des Sterns über dem Horizont und seine Zenithdistanz an, welche die Ergänzung der erstern zu 90 Graden ist, während der Horizontal- oder Azimuthalkreis das Azimuth des Sterns im Augenblicke der Beobachtung angibt.

Die Zenithdistanzen und Azimuthe bilden also, wie man sieht, ein System von Winkeln, vermittels welcher sich die Lagen der Sterne sehr leicht genau bestimmen lassen. Aber dieses Verfahren hat eine Unannehmlichkeit, in Folge deren es fast ganz unbrauchbar wird. Das Zenith und Azimuth ändern sich nämlich jedesmal, wenn der Beobachter seinen Horizont und Meridian ändert und man hat daher keinen festen Punkt, auf welchen man alle Beobachtungen beziehen könnte, so daß sich die verschiedenen Lagen der Sterne auf diese Weise durchaus nicht vergleichen lassen. Man hat daher folgende Methode zur Bestimmung der Lage der Gestirne durch ihre Rectascensionen und Declinationen vorgezogen. Bei dieser Methode braucht man nur den Stunden- oder Declinationskreis des Sterns und seine Lage auf diesem Kreise zu kennen.

Die Lage des Sterns auf dem Stundenkreise wird vermittels eines eingetheilten Viertelkreises bestimmt, dessen Ebene sich in der Ebene des Meridians befindet. Man bestimmt durch dieses Instrument die Entfernung des Sterns vom Pol und die vom Aequator, welche die Ergänzung der erstern zu 90 Graden ist und Declination genannt wird.

Die Declination wird von 0 bis 90 Grad gezählt und heißt nördlich oder südlich, je nachdem der Stern nördlich oder südlich vom Aequator liegt.

Die Lage des Stundenkreises wird durch den Winkel bestimmt, welchen seine Ebene mit der eines bestimmten Stundenkreises bildet. Der von diesen beiden Ebenen gebildete Winkel wird durch

den zwischen ihnen liegenden Bogen des Aequators gemessen und dieser Bogen wird die Rectascension oder gerade Aufsteigung genannt. Den Punkt des Aequators, von welchem aus die Rectascensionen gezählt werden, bezeichnen die Astronomen mit ♈. Es ist der Frühlingspunkt, in welchem die Sonne im Aequator steht.

Die gerade Aufsteigung ist also der Winkel, welchen die Ebene des Stundenkreises eines Sterns mit der Ebene des Meridians in dem Augenblicke bildet, wo der Frühlingspunkt ♈ oder der des Widders sich im Meridian befindet. Sie wird also gefunden, wenn man die Zeit zwischen dem Durchgang des Sterns und dem des Frühlingspunkts durch den Meridian beobachtet und die Anzahl der gefundenen Stunden, Minuten, Secunden 2c. mit 15 multiplicirt. Denn da die tägliche Bewegung der Sterne gleichförmig ist, so entsprechen jeder Stunde, Minute, Secunde 2c. Zeit 15 Grade, Minuten, Secunden in Bogen. Die gerade Aufsteigung wird immer von Abend gegen Morgen und zwar von 0 bis 360 Grade gezählt. Dieses System von Winkeln, vermittels dessen die Lage der Sterne bestimmt wird, hat, wie man sieht, mit dem vorhergehenden viel Aehnlichkeit, aber es unterscheidet sich davon wesentlich dadurch, daß die Lage der Sterne gegen größte Kreise der Himmelskugel bestimmt wird, welche eine unveränderliche Lage haben, nämlich gegen den Aequator und Meridian am Himmel, und alle Beobachter auf der Oberfläche der Erde können ihre Beobachtungen auf diese festen Kreise beziehen und folglich die erhaltenen Resultate mit einander vergleichen. Ist die Declination und

Rectascension eines Sterns bekannt, so lassen sich alle übrigen Bestimmungselemente der Lage eines Sterns finden.

Aus dem Gesagten erhellt, wie man vermittels des Mittagsrohrs oder jedes andern passenden Instruments Sternverzeichnisse verfertigen kann. Man bestimmt den Augenblick des Durchgangs eines beliebigen bekannten Sterns durch die Ebene des Meridians und bemerkt sich genau die Stunde, Minute und Secunde desselben und eben so verfährt man bei allen übrigen Sternen, welche successive durch die Ebene des Meridians hindurch gehen. Man kennt also auf diese Weise den Unterschied ihrer geraden Aufsteigungen, so wie die Declinationen derselben. Diese Elemente können dazu dienen, die gegenseitige Lage der Sterne auf einer Karte zu bestimmen, worauf sich die verschiedenen Sternhaufen, welche die Sternbilder ausmachen, befinden. Die ersten Sternkarten sind sehr alt. Hipparch ist der erste, welcher sie construirt hat, und da sich die gegenseitigen Entfernungen der Sterne seit den ersten Beobachtungen nicht merklich geändert haben, so können diese Sternkarten immer dazu dienen, die Sterne kennen zu lernen.

Von dem Zeitpunkt an, in welchem sich der Frühlingspunkt ♈ im Meridian befindet, fängt man auch die Zeit an zu zählen, welche Sternzeit genannt wird. Hiernach begreift man, daß nichts leichter ist, als die Stunde zu wissen, welche es nach Sternzeit ist, wenn die Polhöhe des Beobachtungsorts bekannt ist, welche offenbar erhalten wird, wenn man die halbe Summe der größten und kleinsten Höhe eines nicht unter-

gehenden Sterns nimmt. Man braucht nur die Zenithdistanz eines bekannten Sterns zu beobachten und seinen Stundenwinkel, welcher in der Richtung der täglichen Bewegung vom Meridian von 0 bis 360 Grade gezählt wird, zu berechnen und diesen Winkel zu der geraden Aufsteigung des Sterns zu addiren, indem man von der Summe 360 Grade, wenn sie darin enthalten sind, wegläßt, so gibt der Rest mit 15 multiplicirt die gesuchte Sternzeit.

Vierte Vorlesung.

Von den Fixsternen.

Wir haben schon bemerkt, daß man unter dieser Benennung alle Himmelskörper begreift, welche immer ihre relative Lage bei zu behalten scheinen; wir sagen *scheinen*, weil neuere Beobachtungen, und besonders die von Herschel, gezeigt haben, daß sich diese relativen Lagen ändern, so daß die Fixsterne also auch Bewegungen haben, welche aber sehr langsam und fast unmerklich sind. Die Anzahl der Fixsterne scheint beim ersten Anblick unendlich groß, weil sie so weit entfernt sind, verworren zwischen einander liegen und nicht alle zu gleicher Zeit im Gesichtsfeld enthalten sind. Aber man kann sich leicht überzeugen, daß die Anzahl derer, welche man mit bloßem Auge sehen kann, sehr beschränkt ist und kaum einige Tausende übersteigt. Man braucht nur einen Theil des Himmels zu nehmen, die Sterne darin zu zählen und nach der gefundenen Anzahl die ungefähre Gesammtzahl zu berechnen.

Man kann kaum 500 Sterne zu gleicher Zeit sehen, aber mit Hilfe der Fernröhre und Teleskope wird ihre Anzahl ungemein vergrößert.

Die Eintheilung der Sterne nach Gruppen oder Haufen hat zu der Idee der Sternbilder Veranlassung gegeben. Wir haben bereits gesehen, daß dieses Systeme von Sternen sind, welche durch Buchstaben und Ziffern von einander unterschieden werden. Von Hipparch haben wir eine allgemeine Tafel der Sternbilder, welche man zu seiner Zeit bemerkt hatte; es sind ihrer 48, nämlich 12 im Thierkreise, 21 in Norden und 15 in Süden. Gegenwärtig ist ihre Anzahl viel größer.

Die folgende Uebersicht enthält die Sternbilder und gibt zugleich die Anzahl der Sterne eines jeden an.

Nördliche Sternbilder der Alten.

Der kleine Bär	2
Der große Bär	87
Der Drache	85
Der Cepheus	58
Der Bärenhüter	70
Die Krone	33
Der Herkules	128
Die Leier	21
Der Schwan	85
Die Cassiopeja	60
Der Perseus	65
Der Fuhrmann	56
Der Schlangenträger	65
Die Schlange	67
Der Adler	26

Der Delphin	19
Das kleine Pferd	10
Das große Pferd oder der Pegasus .	91
Antinous	27
Die Andromeda	27
Das nördliche Dreieck . .	15
Das Haaar der Berenice . .	43

Nördliche Sternbilder der neuern Zeit.

Der kleine Löwe	55
Die Windhunde (Jagdhunde) . .	38
Der Sextant des Hevelius . .	54
Der Cerberus	13
Der königliche Stier	60
Der poniatowskysche Stier . .	18
Der Fuchs und die Gans . .	35
Die Seeeidexe	12
Das kleine Dreieck	4
Die Fliege oder Lilie . . .	5
Das Rennthier	12
Der Erndtehüter	7
Der Giraffe	69
Der Luchs	45

Sternbilder im Thierkreise.

Der Widder	42
Der Stier	207
Die Zwillinge	64
Der Krebs	85
Der Löwe	93
Die Jungfrau	117
Die Waage	66
Der Scorpion	60
Der Schütze	94

Der Steinbock 64
Der Wassermann 117
Die Fische 116

Südliche Sternbilder der Alten.

Der Wallfisch 102
Der Fluß Eridanus 85
Der Orion 90
Der Hase 20
Der kleine Hund 17
Der große Hund 54
Das Schiff Argo 117
Die weibliche Wasserschlange . . . 52
Der Becher oder die Urne . . . 13
Der Rabe 10
Der Centaur 48
Der Wolf 24
Der Altar 8
Die südliche Krone 12
Der südliche Fisch 32

Südliche Sternbilder der neuern Zeit.

Der chemische Ofen 39
Das rhomboidische Netz 7
Die Grabstichel 15
Der Goldfisch 6
Die Pendeluhr 24
Das Lineal und der Winkelhaken . . 15
Der Compaß 2
Das südliche Dreieck 5
Die Taube 2
Die Mahlerstaffelei 4
Das Einhorn des Hevelius . . . 31
Die Boussole 14

Die Luftpumpe	22
Der Einsiedler	22
Das südliche Kreuz	6
Die Fliege oder Biene . . .	4
Das Camäleon	7
Der fliegende Fisch	6
Das Teleskop	8
Der Paradiesvogel	4
Das Sobieskische Schild . . .	16
Der Indianer	4
Der Pfau	11
Der Octant	7
Das Mikroskop	8
Der Kranich	12
Die amerikanische Gans . . .	14
Die männliche Wasserschlange . .	8
Die Bildhauerwerkstatt . . .	28
Der Phönix	11

Wenn man bei hellem Wetter die Sterne genau betrachtet, so bemerkt man in mehreren Gegenden des Himmels weißgraue Flecken von einem schwachen Licht, aber wenn man sie mit einem Instrumente von einer starken Vergrößerungskraft betrachtet, so entdeckt man eine Menge kleiner einander sehr nahe liegender Sterne und das von ihnen ausgehende Licht veranlaßt die bemerkten Flecken. Die sogenannte Milchstraße, welche sich um die ganze hohle Himmelskugel erstreckt, ist nichts anders als eine Reihe solcher Nebelflecken. Herschel, welcher sie mit einem stark vergrößernden Teleskop beobachtete, drückt sich darüber folgendermaasen aus: „Diese Nebelflecken sind schichtenweise von ziemlicher Länge mit einander verbunden und ich habe einige der-

selben oft verfolgt, um ihre Form und Richtung zu erkennen. Wahrscheinlich umfassen sie, wie die Milchstraße, welche zuverlässig nichts anders als eine Sternenschicht ist, die ganze gestirnte Himmelskugel und da diese große Sternenschicht nicht in allen ihren Theilen eine gleiche Helligkeit hat, nicht in gerader Linie fortläuft, sondern sich krümmt und sich sogar in mehrere Zonen theilt, so können wir mit hinreichendem Grund annehmen, daß in den Schichten dieser Sternhaufen und Nebelflecken eine große Verschiedenheit statt findet. Eine dieser Schichten ist so reich an Sternen, daß ich in einem ihrer Theile, welchen ich nur 36 Minuten beobachtete, 31 Nebelflecken entdeckte, welche alle bei heiterm Himmel genau sichtbar waren. Ihre Lage, ihr Volumen und ihr Glanz sind sehr verschieden. In einer andern Schicht, welche vielleicht ein Zweig der erstern ist, habe ich oft doppelte und dreifache Nebelflecken gesehen, welche verschieden mit einander verbunden waren; einige davon schienen von einer Menge kleiner Körper als Trabanten umgeben zu seyn; ein anderer hatte ein sehr ausgedehntes Licht; andere, von der Form eines Fächers, waren einem Lichtbüschel, welches von einem leuchtenden Punkt ausgeht, ähnlich und endlich hatten noch andere ein sehr schwaches Licht, welches sie von andern Sternen zu erhalten schienen. Wahrscheinlich befindet sich die Sonne in der großen Sternschicht, welche wir Milchstraße nennen, obgleich sie vielleicht nicht gerade in der Mitte ihrer Dicke liegt. Wir vermuthen dieses, weil die Milchstraße den ganzen Himmel zu umfassen scheint, welches der Fall

seyn muß, wenn jenes Gestirn einen Theil davon ausmacht. Denn denken wir uns eine Sternschicht zwischen zwei parallelen Ebenen, welche ins Unendliche fortlaufen und um eine beträchtliche Weite von einander entfernt sind, so würde ein Beobachter, welcher sich in dieser Sternschicht befände, alle Sterne in der Richtung der parallelen Ebenen in der Form eines größten Kreises an dem Himmel projicirt sehen, welcher wegen der Anhäufung der Sterne leuchtend scheint, während der übrige Theil des Himmels zu jeder Seite nur mehr oder weniger Sternbilder zu haben scheint, je nachdem die beiden parallelen Ebenen mehr oder weniger von einander entfernt sind oder die Anzahl der Sterne zwischen ihnen größer oder geringer ist."

„Wir können nun den Ort näher angeben, welchen unser kleiner Planet, die Erde, in dem unendlichen Weltenraum einnimmt. Wir wollen daher einen Stern dieses unermeßlichen Systems auswählen und ihn mit der zahllosen Menge der übrigen vergleichen und zwar der bessern Beurtheilung wegen zunächst mit dem bloßen Auge. Da die Sterne der ersten Größe uns wahrscheinlich am nächsten sind, so bilden sie die erste Abtheilung unseres Maasstabs. Wenn wir also die Entfernung des Sirius oder Arcturus z. B. zur Einheit nehmen, so können wir annehmen, daß sich die Sterne der zweiten Größe in der doppelten Entfernung, die der dritten Größe in der dreifachen Entfernung u. s. w. befinden. Wenn man annimmt, daß ein Stern der siebenten Größe ungefähr sieben Mal so weit von uns entfernt ist, als ein Stern der ersten Größe, so

wird ein Beobachter die noch weiter entfernten Sterne mit blosem Auge nicht mehr sehen, weil nach unserer Abschätzung das Gesicht blos bis zur siebenfachen Entfernung des Sirius reicht. Sein Weltsystem erstreckt sich also nur bis zu den Sternbildern und Sternen dieser Größe, oder wenn die Nacht klar ist, so kann er auch wohl noch die Hauptsterne der Nebelflecken wahrnehmen. Aber versieht er sich mit einem Teleskope, so beginnt die Vermuthung bei ihm, daß das Licht der Milchstraße von einer Anhäufung von Sternen herrühre und wenn er die Kraft seines Sehens noch mehr vergrößert, so erlangt er die Gewißheit, daß die Milchstraße aus einer zahllosen Menge sehr kleiner Sterne besteht und daß die Nebelflecken nichts anderes als Sternhaufen sind."

Herschel bemerkt, daß es in dem sternreichsten Theile der Milchstraße Gesichtsfelder von einigen Minuten gibt, welche an 588 Sterne enthalten, daß er in einer Viertelstunde 116,000 Sterne in das Feld seines Teleskops, welches nur 15' Oeffnung hatte, treten sah und daß er ein andermal in 41 Minuten 258,000 Sterne durch dasselbe hat gehen sehen. Bei jeder Vervollkommnung seiner Teleskope entdeckte er mehr Sterne und es scheint, daß ihre Anzahl eben so wenig begrenzt ist, als die Ausdehnung des Universums.

Unsere Sonne ist wahrscheinlich nur ein Fixstern, weil sie in einer Entfernung, wie die der Fixsterne, eben so wie sie erscheinen würde. Hieraus muß man schließen, daß die Sterne, welche mit ihrem eigenen Lichte leuchten, mit der

Sonne verglichen werden können, wenn gleich sie wegen ihrer ungeheuren Entfernungen ein weit geringeres Licht und Volumen zu haben scheinen, daß sie eben so weit unter einander, als von uns entfernt seyn müssen und nach der Analogie können wir annehmmen, daß sie, wie unsere Sonne, den um sie sich bewegenden Planetensysteme Licht und Wärme zusenden.

Herschel glaubt, daß unsere Sonne, wie der größte Theil der Sterne sich gegen das Sternbild des Hercules fortbewegt, wobei sie das ganze Planetensystem mit sich fortführt. Er bemerkt, daß die scheinbaren Bewegungen von 44 Sternen unter den 56 von ihm untersuchten Sternen ungefähr die Richtung haben, welche eine wirkliche Beweguug dieser Art des Sonnensystems zur Folge haben würde und daß nach dieser Theorie die glänzenden Sterne des Sirius und Arcturus, welche uns wahrscheinlich am nächsten sind, die größten scheinbaren Bewegungen haben. Der Stern Castor scheint, durch das Teleskop betrachtet, aus zwei Sternen von fast gleicher Größe zu bestehen und obgleich sie eine scheinbare Bewegung haben, so hat man doch in ihrer gegenseitigen Entfernung noch keine Veränderung von einer einzigen Secunde bemerken können, welches leicht begreiflich ist, wenn ihre scheinbaren Bewegungen in der wirklichen Bewegung der Sonne ihren Grund haben. Nach Bessels Beobachtungen und Versuchen sind bis jetzt noch keine Anzeigen für die fortrückende Bewegung der Sonne vorhanden.

Wenn man die Sternkataloge der Alten betrachtet, so wird man von einer auffallenden

Bemerkung überrascht. Einige dieser Sterne haben ihren Glanz mehr oder weniger merklich geändert und während andere neu erschienen sind, finden sich welche, die verschwanden, aber später wieder erschienen und einige sind auch nicht wieder erschienen. Diese auffallenden Erscheinungen haben sich zu allen Zeiten gezeigt und Halley theilt in Beziehung auf sie folgende interessante Bemerkungen mit: „Der erste neue Stern der Cassiopeja wurde von Cornelius Gemma den 8. November 1572 nicht bemerkt. Er erzählt, daß es hell und rein am Himmel gewesen sey und dennoch habe er den Stern nicht gesehen, aber die folgende Nacht sey derselbe in einem Glanz erschienen, welcher den der Fixsterne übertroffen habe. Er war fast eben so glänzend, als die Venus. Tycho-Brahe sah ihn erst den 11. desselben Monats. Seit dieser Zeit nahm sein Glanz allmählig ab und er verschwand im März 1574, 16 Monate nach seiner Erscheinung, und ist nicht wieder gesehen worden. Sein Ort an der Himmelskugel wurde nach den Beobachtungen von Tycho-Brahe durch 0s 9° 17′ gerade Aufsteigung und 53° 45′ nördliche Declination bestimmt (s bedeutet Zeichen des Thierkreises). Den 30. Semptember 1604 sahen die Schüler Keplers einen andern Stern, welcher von den Alten nicht bemerkt worden war; er zeigte sich in der Folge mit einem stärkern Licht, als Jupiter. Sein Glanz verminderte sich aber, wie der des vorhergehenden Sterns und er verschwand ebenfalls im Januar 1605. Er stand nahe bei der Ekliptik am rechten Beine des Schlangenträgers. Nach den Beobachtungen

Keplers hatte er eine Rectascension von 7s 28° 0′ und eine Declination von 1° 56′. Diese beiden Sterne scheinen von einer ganz besondern Art zu seyn und man hat ähnliche nicht wieder bemerkt. Aber im Jahr 1596 bemerkte David Fabricius im Wallfische einen andern Stern, welcher einen Glanz wie ein Stern der dritten Größe hatte. Man hat seitdem in der Stärke seines Lichts verschiedene periodische Veränderungen bemerkt. Er zeigt sich nicht immer mit demselben Glanz, aber er ist niemals ganz verschwunden und ist mit dem Teleskop immer zu sehen. Er war der einzige seiner Art, bis der Stern im Halse des Schwans entdeckt wurde. Er hatte eine gerade Aufsteigung von 1° 40′ und eine Declination von 15° 57′. Ein neuer veränderlicher Stern wurde 1600 von W. Jausonius auf der Brust des Schwans entdeckt. Dieser Stern wurde nicht größer, als ein Stern der dritten Größe. Nach einigen Jahren wurde er so klein, daß man glaubte, er wäre ganz verschwunden; aber in den Jahren 1657, 1658 und 1659 erschien er wieder, wurde immer kleiner und kleiner und war zuletzt nur noch ein Stern von der fünften und sechsten Größe. Er hatte eine Rectascension von 9s 18° 38′ und eine nördliche Declination von 55° 29′. Den 15. Juli 1670 entdeckte Hevelius einen Stern von der sechsten Größe, welcher aber im Anfange des Monats October kaum noch mit blosem Auge sichtbar war. Im nächsten April wurde er wieder glänzender und gegen die Mitte des Augusts verschwand er ganz. Im März des folgenden Jahrs erschien er wieder, aber

nur noch als ein Stern der sechsten Größe und seitdem ist er nicht wieder erschienen. Er hatte eine Rectascension von 9s 3° 17′ und eine nördliche Declination von 47° 28′. Der sechste und letzte veränderliche Stern wurde von G. Kirch 1686 entdeckt. Seine Periode beträgt 404½ Tage und obgleich er selten die fünfte Größe übersteigt, so ist er doch in seiner Wiederkehr sehr regelmäßig, wie man 1704 gesehen hat. Den 15. Juni 1715 erschien einer der ersten teleskopischen Sterne wieder, vergrößerte sich bis August, wo er dem blosen Auge sichtbar war und fuhr so bis September fort. Darauf wurde er wieder kleiner und den 8. December war er kaum noch mit dem Teleskope zu sehen. Seine Periode beträgt ungefähr sechs Monate und seinen größten Glanz hatte er gegen den 10. September."

Man hat die Sterne, welche in dem letzten Jahrhundert als veränderlich angesehen wurden, in zwei Klassen getheilt. Zu der ersten Klasse gehören diejenigen, welche wirklich veränderlich sind und zur zweiten die, von welchen man es annimmt. Der ersten gibt es zwölf von der ersten bis zur vierten Größe, wenn man die 1572 in der Cassiopeja und 1604 in dem Schlangenträger bemerkten beiden Sterne mit dazu rechnet. Der Sterne der zweiten Art gibt es dreißig, welche von der ersten bis siebenten Größe sind. Man hat zur Erklärung dieser auffallenden Veränderungen viele Meinungen aufgestellt. Newton glaubte, daß der vorübergehende lebhafte Glanz derselben dadurch hervorgebracht würde, daß sich Kometen auf sie gestürzt hätten,

wodurch gleichsam ihr Brennmaterial vermehrt wäre. Diese Meinung Newtons, nach welcher die Kometen dazu bestimmt sind, den Sternen als Brennmaterial zu dienen, wie wenn man Holz auf das Feuer wirft, ist mit den Mitteln, welche die Natur anwendet und mit der wahrscheinlichen Verbrennungsart der Himmelskörper, welche höchstens von electrischen Materien herrühren kann, zu wenig in Uebereinstimmung. Maupertuis nimmt an, daß diese Sterne eine so schnelle Umdrehungsbewegung besitzen, daß sie durch die Wirkung der Centrifugalkraft eine sehr abgeplattete Gestalt erhalten haben, ungefähr wie ein Mühlstein, so daß sie uns sehr hell erscheinen müssen, wenn sie uns in Folge der Drehung um eine geneigte Achse die Fläche ihrer Scheibe zukehren, während sie kaum als ein Punkt erscheinen, wenn sie uns ihren Rand zukehren. Andere haben gemeint, daß diese Veränderungen durch dunkele Flecken hervorgebracht würden, welche sich auf der Oberfläche der Sterne befänden, oder endlich, daß sich diese Himmelskörper in so weiten Bahnen bewegten, daß sie uns, wie die Kometen, nur dann sichtbar sind, wenn sie uns am nächsten stehen. Am wahrscheinlichsten ist es aber, daß diese periodischen Sterne eine dunkele Seite haben. Wenn unsere Sonne ein Fixstern ist, wie wir gesagt haben, so dringt sich nach den vorhergehenden Beobachtungen die Frage auf, ob sie nicht ähnliche Veränderungen erfahren hat, und wenn dieses der Fall ist, welche Folgen diese Veränderungen gehabt haben müssen? Diese Betrachtungen verdienen vielleicht die Aufmerksamkeit der Geologen, welche sich

mit der Bestimmung der Ursachen der Begebenheiten beschäftigen, wovon unsere Erde überall Spuren zeigt.

Zum Schlusse dieser Vorlesung müssen wir, wenn es möglich ist, uns von der Entfernung der Fixsterne eine Vorstellung zu verschaffen suchen. Ehe wir aber an diese Aufgabe gehen, müssen wir einige durchaus nöthige Bemerkungen vorausschicken.

Der Winkel, unter welchem man einen Gegenstand sieht, ändert sich im umgekehrten Verhältnisse der Entfernung dieses Gegenstandes von dem Auge des Beobachters, d. h. wenn die Entfernung größer wird, so wird der Winkel, unter welchem derselbe Gegenstand erscheint, kleiner, welches aus einem der leichtesten Sätze der Geometrie folgt.

Die Trigonometrie dagegen lehrt, welcher Zusammenhang zwischen den Dimensionen eines Gegenstandes, seiner Entfernung und dem Winkel, unter welchem er gesehen wird, statt findet. Erscheint z. B. ein Gegenstand unter einem Winkel von 1°, so ist seine Entfernung 5738 mal größer, als seine wahre Größe; wenn dieser Sehwinkel 1′ beträgt, so ist seine Entfernung 3,433 mal und wenn er 1″ beträgt, so ist die Entfernung des Gegenstandes 206000 mal größer, als seine wahre Größe.

Da nun der Halbmesser der Erde bekannt ist, wie wir später sehen werden, so sieht man leicht ein, daß man die Entfernung eines Sterns bestimmen könnte, wenn der Winkel bekannt wäre, unter welchem dieser Halbmesser, vom Stern aus gesehen, erscheint und welcher die

Parallaxe genannt wird. Um diesen Winkel zu finden, bedient man sich eines ähnlichen Verfahrens, als wenn man die Entfernung von Gegenständen auf der Oberfläche der Erde messen will. Es besteht darin, daß man eine Grundlinie von einer bestimmten Größe annimmt und die Winkel mißt, welche die von ihren Endpunkten nach dem Gegenstande, dessen Entfernung bestimmt werden soll, gehenden Gesichtslinien mit ihr bilden. Sind diese Winkel gemessen, so zieht man ihre Summe von 180° ab und alsdann ist der Rest nach dem bekannten Satze der Geometrie, daß die Summe der Winkel in jedem Dreieck 180° beträgt, der gesuchte Winkel.

Aber wenn man auf diese Weise verfährt und den Halbmesser der Erde zur Grundlinie nimmt, so wird die Parllaxe bei den Fixsternen ganz unmerkbar, d. h. der Halbmesser der Erde ist gegen die Entfernung der Fixsterne verschwindend klein.

Da also der Halbmesser der Erde, d. h. 1432 Meilen (jede von 2280 Toisen, welche hier immer gemeint sind) gegen die Entfernung der Fixsterne verschwindet, so muß man eine größere Basis annehmen und die größte, welche uns zu Gebote steht, ist der Durchmesser der Erdbahn von 70,000,000 Meilen. Der Winkel, unter welchem diese Linie, von dem Stern aus gesehen, erscheint, heißt die große oder jährliche Parallaxe. Hook, Flamsteed und Bradley beobachteten den Stern γ des Drachen in den Frühlings- und Herbstnachtgleichen und hofften eine Parallaxe zu erhalten; allein

ihre Erwartung wurde nicht erfüllt, indem sich kein wahrnehmbarer Winkel ergab. Wenn die jährliche Parallaxe der Sterne aber auch nur eine Secunde betrüge, so würden sie weiter als 5,000,000,000,000 Meilen von uns entfernt seyn und wir könnten ihre wahre Größe bestimmen. Was ist wohl mehr geeignet, die Unermeßlichkeit des Weltenraums darzuthun, besonders wenn man erwägt, daß diese Tausende von Sternen, welche sich unsern Blicken darbieten, alle diese unermeßlichen Entfernungen unter einander beibehalten!

Fünfte Vorlesung.

Entfernung der Planeten.

Wie stark die Vergrößerungskraft der astronomischen Instrumente auch seyn mag, so wird doch der scheibare Durchmesser der Fixsterne niemals durch sie vergrößert, sie erscheinen immer als untheilbare Punkte. Dagegen werden die scheinbaren Durchmesser der Planeten desto größer, je stärker das angewandte Instrument vergrößert. Schon dieser Unterschied ist hinreichend, um uns zu überzeugen, daß sie uns viel näher sind, als die Fixsterne und das Micrometer lehrt uns, daß sich diese Entfernung ändert, indem es uns die Veränderungen ihrer scheinbaren Durchmesser angibt.

Der Mond muß nach diesen Beobachtungen der Erde sehr nahe seyn und seine Parallaxe wurde daher schon frühzeitig bestimmt. Lacaille und Lalande begaben sich, der eine

nach Berlin und der andere nach dem Vorgebirge der guten Hoffnung, um die Parallaxe des Mondes, d. h. den Winkel zu bestimmen, unter welchem der Erdhalbmesser, von dem Monde aus gesehen, erscheint. Sie fanden, daß dieser Winkel 1° betrug, welches für die mittlere Entfernung des Mondes von der Erde ungefähr 60 Erdhalbmesser oder 80,000 Meilen gibt. Der Durchmesser des Mondes ist ungefähr der vierte Theil des Erdhalbmessers und sein Volumen ungefähr der funfzigste Theil von dem der Erde.

Der Fehler in dieser Bestimmung kann bei jedem der beiden in Berlin und auf dem Vorgebirge der guten Hoffnung gemessenen Winkel eine halbe Secunde und folglich in dem Resultate eine ganze Secunde betragen; also den 3600ten Theil von der Entfernung des Mondes von der Erde, d. h. von 80,000 Meilen.

Die Parallaxe der Sonne beträgt 8″,6 bis auf $\frac{1}{10}$″ genau und ihre mittlere Entfernung 34,000,000 Meilen. Ihr Durchmesser verhält sich zu dem der Erde wie 1 zu 111 und ihr Volumen zu dem der Erde wie 1 zu 1,300,000.

Die Parallare der Sonne ist bis auf $\frac{1}{10}$ einer Secunde genau bekannt und diese Annäherung geht viel weiter, als sie sich nach der gewöhnlichen Methode erhalten läßt. Das Verfahren, durch welches dieses Resultat gefunden ist, besteht in Folgendem und beruht auf den Durchgängen der Venus vor der Sonnenscheibe.

Es sey S Fig. 14. Taf. 1. die Sonne, AB der Erdhalbmesser und VV′ der Bogen, welchen die Venus durchläuft. Gesetzt nun,

in A und B befänden sich zwei Beobachter, welche genau die Zeiten der Conjunction beobachteten, so wäre der Unterschied dieser Zeiten die Zeit, in welcher die Venus den Bogen V V' durchläuft, welcher das Maas der Sonnenparallaxe ist. Diese sehr einfache Operation wird aber durch die Bewegung der Erde und durch andere Umstände, welche nothwendig in Rechnung gebracht werden müssen, um ein fehlerfreies Resultat zu erhalten, viel zusammengesetzter.

Die Entfernungen und Volumina der übrigen Planeten sind durch ähnliche Mitttel bestimmt worden und wir werden die Resultate angeben, wenn wir, nachdem wir die Sonne abgehandelt haben, jeden dieser Planeten besonders betrachten. Jedoch wollen wir hier noch die merkwürdigen Zahlenverhältnisse angeben, welche zwischen den Entfernungen der Planeten von der Sonne statt finden. Wenn man die Zahlen 0, 3, 6, 12, 24, 48, 96, 192 nimmt und zu jeder die Zahl 4 addirt, so daß man 4, 7, 10, 16, 28, 52, 100, 196 erhält, so verhalten sich die Entfernungen der Planeten von der Sonne, wie diese letzteren Zahlen. Es ist also:

0,	3,	6,	12,	24,	48,	96,	192.
4,	7,	10,	16,	28,	52,	100,	196.
☿	♀	♁	♂	⚳	♃	♄	♅.

(Kepler schloß aus diesen Verhältnissen und der zu seiner Zeit zwischen 16 und 52 statt findenden Lücke auf die Entdeckung neuer Planeten und seine Vermuthung ist wirklich in Erfüllung gegangen.)

Die Sonne ☉.

Wir haben eben gesehen, daß die Sonne 1,300,000 mal größer ist, als die Erde und daß ihre mittlere Entfernung 34,000,000 Meilen beträgt. Später werden wir sehen, daß uns die gegenseitige Anziehung der Himmelskörper das Mittel an die Hand gibt, ihre Dichtigkeit und ihr Gewicht zu bestimmen.

Wir haben bereits nach Herschel bemerkt, daß die Sonne, nebst dem ganzen Gefolge ihrer Planeten, wahrscheinlich gegen das Sternbild des Hercules fortrückt, was nach Bessel nicht der Fall ist, aber außerdem dreht sie sich auch in ungefähr 25 Tagen einmal um sich selbst, welches aus der Beobachtung der Flecken der Sonnenscheibe erhellt und wovon wir reden werden, wenn wir von ihrer physischen Beschaffenheit handeln. Die Art der Bewegung dieser Flecken und die verschiedenen Ansichten, welche sie darbieten, je nachdem man sie in schiefer, oder in gerader Richtung betrachtet, lassen keinen Zweifel übrig, daß sie der Oberfläche der Sonne selbst angehören und daß dieses Gestirn eine kugelförmige Gestalt hat. Von ihrer scheinbaren Bewegung in der Ebene der Ekliptik sprechen wir nicht, weil wir später sehen werden, daß es die Erde ist, welche sich in ihrer Bahn bewegt.

Physische Beschaffenheit der Sonne.

Die Oberfläche der Sonne zeigt, wie wir schon bemerkt haben, dunkele und leuchtende Flekken, welche letztere man Sonnenfackeln

nennt. Ihre Form ist sehr unregelmäßig, ihre Dauer sehr verschieden und sie sind gewöhnlich von einem Halbschatten umgeben. Sie liegen immer in einer Zone, deren Ausdehnung nördlich und südlich vom Aequator veränderlich ist.

Man hat die Sonnenflecken oder Fackeln auf mehrere Arten zu erklären gesucht. Einige meinen, daß die Sonne, von welcher beständig eine große Menge Licht und Wärme ausströmt, ein brennender Körper sey und daß die dunkeln Flecken nichts anderes als Schlacken sind, welche auf der Oberfläche schwimmen. Die Fackeln dagegen sollen von vulkanischen Auswürfen dieser flüssigen Masse herrühren. Die größte Schwierigkeit dieser Meinung besteht darin, daß sie sich nicht zur Erklärung der Erscheinungen anwenden läßt und sie hat daher auch nicht die Zustimmung der Astronomen erhalten. Die Meinung, welche gegenwärtig am günstigsten aufgenommen ist, betrachtet die Sonne als einen dunkeln und festen Körper, welcher von zwei Atmosphären umgeben wird, wovon die eine dunkel und die andere leuchtend ist. In dieser Voraussetzung erklärt sich die Erscheinung der Flecken dadurch, daß in den Atmosphären Oeffnungen sind, durch welche der Kern der Sonne wahrgenommen werden kann. Der Halbschatten ist die Grenze der dunkeln Atmosphäre, deren Oeffnungen nicht so weit ausgeschweift sind, als die der leuchtenden Atmosphäre und um die Oeffnung herum sichtbar ist, durch welche hindurch man den Kern der Sonne sieht.

Wie sonderbar diese Meinung auch scheinen mag, so hat sie doch den Vorzug, daß sie alle Erscheinungen vollkommen erklärt, und

sie erlangt einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit, wenn man erwägt, daß die brennende Materie der Sonne weder fest noch flüssig seyn kann, sondern nothwendig ein Gas seyn muß. Denn die von einer festen oder flüssigen brennenden Kugel ausgehenden Lichtstrahlen haben die Eigenschaft der Polarisation, während die von einem brennenden Gas ausgehenden Lichtstrahlen diese Eigenschaft nicht haben. Die Anwendung dieses Princips auf die mit der Sonne gemachten Versuche hat zu der erwähnten Folgerung geführt.

Folgenden Versuch über das Sonnenlicht wollen wir noch anführen. Er wird mit einem sehr sinnreichen Instrument angestellt, dessen Construction sich auf die Eigenschaften des polarisirten Lichts gründet. Es besteht in einem Fernrohre mit einem Stück Krystall, welches, wenn man die Sonne damit betrachtet, in seinem Brennpunkte zwei gefärbte Bilder derselben gibt. Vermittels eines sehr einfachen Mechanismus kann man die beiden Bilder einander nähern, oder von einander entfernen und sie auch ganz oder zum Theil zusammfallen lassen. Dieses Fernrohr dient dazu, darzuthun, daß das Licht der Ränder der Sonne dieselbe Stärke hat, als das ihrer Mitte; denn wenn man die beiden Bilder der Sonne so zusammenfallen läßt, daß der Rand des einen mit der Mitte des andern zusammenfällt, so wird in den Zusammenfallungspunkten vollkommen weißes Licht erzeugt. Hieraus folgt: 1) daß das Licht der Sonnenränder eben so stark ist, als das ihrer Mitte und 2) daß die Farben der beiden durch das Fern-

rohr hervorgebrachten Bilder gegenseitige Ergänzungsfarben sind.

Aber daraus, daß das Licht der Sonnenränder eben so lebhaft ist, als das ihrer Mitte, folgt ferner, daß die Sonne über der leuchtenden Atmosphäre keine andere Atmosphäre mehr hat; denn wenn dieses der Fall wäre, so müßte das Licht der Sonnenränder, da es eine dickere Schicht dieser Atmosphäre zu durchdringen hätte, mehr geschwächt werden.

Von welcher Beschaffenheit ist aber das Licht, welches uns die Sonne zusendet? In der Beantwortung dieser Frage sind die Physiker lange Zeit getheilt gewesen. Einige stützen sich auf Newtons Auctorität und behaupten, daß die Sonne, so wie alle anderen leuchtende Körper, die Eigenschaft hat, sehr kleine Theilchen ihrer Substanz mit einer außerordentlichen Geschwindigkeit auszusenden. Hierin besteht das Emissionssystem. Andere meinen dagegen, daß die Erscheinung des Lichts durch die Schwingungen einer in der ganzen Natur verbreiteten Flüssigkeit, Aether genannt, welche durch die Gegenwart der leuchtenden Körper in Bewegung gesetzt, hervorgebracht wird und hierin besteht das Vibrations- oder Undulationssystem. Diesem Systeme stimmen jetzt fast alle Physiker bei, denn man begreift nicht, wie ein Körper einen Theil seiner materiellen Bestandtheilchen ununterbrochen von sich aussenden kann, ohne etwas von seiner Größe und seiner Lichtstärke zu verlieren. Aber der größte Mangel des Emissionssystems besteht darin, daß sich gegenwärtig nicht alle Erscheinungen dadurch erklären

lassen, während das Vibrationssystem alle Wahrscheinlichkeiten für sich hat, besonders seitdem neuere Entdeckungen den innigsten Zusammenhang zwischen der die electrischen Erscheinungen hervorbringenden Ursache und der, welche die Lichterscheinungen hervorbringt, dargethan haben.

Pouillet hat die Temperatur der Strahlen des Sonnenlichts durch folgenden Versuch zu bestimmen gesucht. Man denke sich, sagt er, eine Eiskugel mit einer Oeffnung, durch welche ein Thermometer in den Mittelpunkt der Kugel gebracht werden kann und daselbst die Temperatur von 0 Grad anzeigen wird. Alsdann lasse man Lichtstrahlen bis zu dem Thermometer gelangen, so wird es erwärmt werden und um eine gewisse Größe steigen. Kennt man nun die Entfernung des Thermometers von dem leuchtenden Körper, das Verhältniß der Größe der Oeffnung, durch welche die Lichtstrahlen einfallen, zu der ganzen Kugeloberfläche und die Größe, um welche das Thermometer gestiegen ist, so kann man die Wärmemenge berechnen, welche von dem leuchtenden Körper ausgeströmt ist. Wie groß die Entfernung auch seyn mag, wofern sie nur bekannt ist, so wird sich immer die Wärmemenge leicht bestimmen lassen, welche zu dem Thermometer gelangt ist.

Dieser Physiker fand vermittels dieses Verfahrens, daß sein Thermometer in der erwähnten Lage nie über 7½ Grad stieg und nie unter 6 Grad fiel, wodurch er für den mittlern Werth der Temperatur der Sonnenstrahlen ungefähr 1200 Grad fand.

Man hat endlich die Frage aufgeworfen, ob die Lichtstrahlen, deren Geschwindigkeit so außerordentlich groß ist — denn wir werden zeigen, daß sie in einer Secunde 70,000 Meilen beträgt — nicht auch eine merklich bewegende Kraft haben. Allein die feinsten Experimente haben eine solche nicht nachgewiesen.

Der Mond ☾.

Wir haben gesehen, daß der Mond nur den funfzigsten Theil der Größe der Erde hat und daß seine Entfernung nur 80,000 Meilen beträgt, so daß er durch ein Instrument, welches tausendmal vergrößert oder nähert, eben so erscheint, wie er dem blosen Auge erscheinen würde, wenn er nur 24 Meilen entfernt wäre.

Die Bewegungen des Mondes sind sehr zusammengesetzt und sie haben daher den Astronomen lange Zeit Schwierigkeiten gemacht. Er bewegt sich in einer Ellipse, in deren einem Brennpunkte sich die Erde befindet und welche er in 29 Tagen 12 Stunden 44 Minuten 2 Secunden beschreibt. Er wird also von der Erde in ihrer Bewegung um die Sonne mit fortgezogen und während diese ihren Lauf in einem Jahre vollendet, hat er seine Bahn 13½ mal durchlaufen. Genau in derselben Zeit, in welcher er sich um die Erde bewegt, dreht er sich auch einmal um seine Axe und darin liegt der Grund, weswegen er uns immer dieselbe Seite zukehrt.

Aus der Verbindung dieser verschiedenen Bewegungen entspringen die verschiedenen Lichtgestalten (Phasen), unter welchen wir den Mond in den verschiedenen Zeiten seines Laufes um die

Erde erblicken. Es sey S Fig. 25. Taf. 2. die Sonne und T die Erde, und wir wollen sehen, unter was für verschiedenen Gestalten der Mond erscheint. Wenn er sich in A befindet, d. h. mit der Sonne in Conjunction ist, so kehrt er der Erde seine nicht erleuchtete Hälfte zu und erscheint dunkel wie in a. Hat er von der Conjunction an den achten Theil seiner Bahn durchlaufen und befindet sich also in B, so ist der Erde der vierte Theil seiner erleuchteten Seite zugekehrt und er erscheint alsdann wie in b. Befindet er sich in C, so hat er den vierten Theil seiner Bahn durchlaufen, die Hälfte seiner erleuchteten Seite ist alsdann von der Erde aus sichtbar und er erscheint wie in c. In D ist mehr als die Hälfte seiner erleuchteten Seite sichtbar und er erscheint alsdann wie in d. Ist er nach E gekommen, so erscheint er ganz erleuchtet wie in e. Von E an nimmt er wieder ab und bietet dieselben Erscheinungen dar, aber in umgekehrter Ordnung, wie aus der Figur erhellt, worin der innere Kreis der Erscheinungen des Mondes für einen Beobachter in der Sonne und der äußere für einen Beobachter auf der Erde darstellt.

Dieses sind die verschiedenen Lichtgestalten, welche der Mond innerhalb des Zeitraums von 29½ Tage durchläuft. Wenn er voll ist, d. h. wenn er der Erde seine ganze erleuchtete Seite zukehrt, so sagt man, er ist in Opposition mit der Sonne und wenn er neu ist, d. h. wenn er der Erde seine dunkele Seite zukehrt, also unsichtbar ist, so sagt man, er ist in Conjunction mit der Sonne. Diese beiden Lagen

heißen die Syzygien und in ihnen finden, wie wir später sehen werden, die Sonnen- und Mondfinsternisse statt. Endlich ist der Mond in seinem ersten oder letzten Viertel, wenn wir die Hälfte seines erleuchteten Theils sehen, und diese Lagen werden die Quadraturen genannt.

Die Bewegung des Mondes ist weit schneller, als die der Sonne: denn diese rückt täglich nur um einen Grad in ihrer Bahn fort, während die Geschwindigkeit des Mondes ungefähr 13 Mal größer ist und er daher jeden Tag 48 Minuten 46 Sekunden später in den Meridian tritt. In der Ungleichheit der Geschwindigkeit dieser beiden Bewegungen liegt der Grund, daß der Mond alle 29½ Tage mit der Sonne wieder in Conjunction ist.

Die Ebene der Bahn des Mondes ist gegen die Ekliptik unter einem Winkel von ungefähr 5° 8′ 49″ geneigt. Die Durchschnittspunkte der Bahn des Mondes mit der Ekliptik heißen die Knoten und zwar der, in welchem sich der Mond über die Ekliptik nach dem Nordpol zu erhebt, der aufsteigende Knoten ☊ und der andere, in welchem er unter die Ekliptik tritt und sich dem Südpol nähert, der niedersteigende Knoten ☋.

Die genausten Beobachtungen haben gezeigt, daß die Mondsknoten eine Bewegung gegen Abend haben und also die Ekliptik in einem der scheinbaren Bewegung der Sonne entgegengesetzten Sinn oder in der Richtung der täglichen Bewegung von Morgen gegen Abend durchlaufen. In jedem Jahre beschreiben sie ungefähr 19⅓ Grade, d. h. alle 19 Tage 1°, oder jeden pe-

riodischen Mondenmonat 1° 28′, oder endlich alle 18½ Jahre einen ganzen Umkreis. Genauer ausgedrückt gehen die Mondsknoten jedes Jahr 19,3286 Grade zurück und durchlaufen die Ekliptik in 6788,54019 Tagen. Die synodische Umlaufszeit der Mondsknoten, d. h. die Zeit, nach welcher die Sonne wieder denselben Mondsknoten erreicht, beträgt 346,61963 Tage. Da sich die Sonne und die Mondsknoten in entgegengesetzter Richtung bewegen, so kommen sie schon früher wieder zusammen, ehe die Sonne einen ganzen Umlauf am Himmel vollendet hat, und deswegen ist dieser Zeitraum kleiner als ein Jahr.

Wir haben schon bemerkt, daß sich der Mond in derselben Zeit einmal um seine Axe dreht, in welcher er sich um die Erde bewegt, und uns folglich immer dieselbe Seite zukehren müßte und auch wirklich zukehrt. Die Beobachtung der Mondsflecken zeigt aber, daß sich diese Flecken bald mehr, bald weniger auf der einen oder auf der andern Seite befinden, wie wenn der Mond etwas hin und her schwankte. Diese Erscheinung wird daher die Schwankung oder Libration des Mondes genannt, welche Benennung die beobachtete Erscheinung auch sehr gut bezeichnet, aber man muß sie nicht für wirklich statt findend halten, denn diese scheinbare Schwankung ist nur eine optische Täuschung.

Die Bewegung des Mondes in seiner Bahn ist nämlich veränderlich, wenn er sich der Erde nähert oder sich von ihr entfernt, während seine Umdrehungsbewegung immer dieselbe bleibt. In den Zeitpunkten, wo er sich schneller fortbewegt, wird er also gegen Morgen einen Theil seiner

Oberfläche zeigen, welcher zuvor nicht sichtbar war, während der entsprechende Theil gegen Abend verschwindet. Die umgekehrte Erscheinung findet in der Zeit statt, wo er sich langsamer in seiner Bahn fortbewegt. Diese Erscheinung nennt man die Schwankung oder Libration des Mondes in der Länge.

Die Libration in der Breite rührt daher, daß die Umdrehungsaxe des Mondes gegen seine Bahn geneigt ist und daß diese Axe bei seiner fortschreitenden Bewegung sich immer parallel bleibt und uns also der Mond abwechselnd den einen und den andern seiner Pole zukehrt, so daß wir die daselbst befindlichen Flecken sehen können.

Die tägliche Libration hat endlich ihren Grund darin, daß der Mond dem Mittelpunkte der Erde immer dieselbe Halbkugel zuwendet und daß der sich nicht im Mittelpunkte der Erde, sondern auf ihrer Oberfläche befindende Beobachter, wenn der Mond im Horizont ist, auf der einen Seite einen Theil seiner Oberfläche mehr und auf der entgegengesetzten Seite weniger sieht.

Physische Beschaffenheit des Mondes.

Die Erscheinung der verschiedenen Lichtgestalten des Mondes beweist, daß er nicht, wie die Sonne, ein selbst leuchtender Körper, sondern ein dunkler Körper ist, welcher ein fremdes Licht zurückwirft. Das schwache Licht, welches man auf dem nicht erleuchteten Theile der Mondsscheibe bemerkt, rührt von den Lichtstrahlen her, welche von der Erde nach dem Monde zurückgeworfen

werden und man nennt es das aschfarbige Licht.

Wenn man die Mondscheibe mit bloßem Auge betrachtet, so bemerkt man darin eine große Menge von Unregelmäßigkeiten; aber wenn man sie durch ein starkes Teleskop betrachtet, so bemerkt man in dem noch nicht von der Sonne erleuchteten Theile zuerst eine große Menge leuchtender Punkte, welche desto größer werden, je mehr die Sonnenstrahlen auf die Seite des Mondes fallen, worin sie sich befinden. Hinter den leuchtenden Punkten bemerkt man einen Schatten, welcher sich so dreht, daß er immer auf der der Sonne entgegengesetzten Seite liegt. Diese leuchtenden Punkte sind die Spitzen hoher Berge, welche von den Sonnenstrahlen früher erleuchtet werden als die niedrigen Theile, und die dunkeln Punkte, wo sich der Schatten befindet, sind Vertiefungen oder Thäler, welche fast die Form einer hohlen Schale oder der Krater haben. Mit Hilfe geometrischer Lehren hat man die Höhen dieser Berge gemessen; sie sind für den Mond sehr hoch, aber nicht so hoch als die Spitze des Hymalaja. Durch ihren Schatten hat man ihre Höhen, so wie die Tiefen der Thäler bestimmen können. Diese Erhöhungen sind auch die Ursache, weswegen der Rand der Mondsscheibe zuweilen ausgezackt erscheint, weil die Sonne ihre Spitze früher erleuchtet als ihren Fuß.

Der Mond hat keine Atmosphäre oder wenn er eine hat, so ist sie wenigstens so dünn, daß sie hinsichtlich der Brechung der Lichtstrahlen nicht merklich vom leeren Raum verschieden ist. Dieses erhellt daraus, daß die Sterne, wenn sie hin-

ter den Mond treten, genau so lange unsichtbar bleiben, als dieses wirklich der Fall seyn muß und nicht der Fall seyn würde, wenn der Mond eine Atmosphäre hätte, durch welche die von den Sternen ausgehenden Lichtstrahlen gebrochen würden.

Man hat die Frage aufgeworfen, ob die Aërolithen nicht vielleicht vom Monde kämen, und man hat diese Vermuthung darauf gestützt, daß der Mond viele Vulkane zu haben scheint. In Beziehung auf diese letzte Annahme wollen wir bemerken, daß die zu verschiedenen Zeiten bemerkten selbst leuchtenden Punkte auf der dunkeln Oberfläche des Mondes und die Form der Krater, welche alle bemerkten Vertiefungen zu haben scheinen, nicht hinreichend sind, das Vorhandenseyn der Vulkane auf dem Monde darzuthun. Uebrigens ist es sehr wohl möglich, daß, wenn es auf dem Monde Vulkane gibt, leicht aus ihnen mit einer hinreichenden Kraft Steine geworfen werden können, welche über die Attractionssphäre desselben hinaus gehen können. Man hat berechnet, daß hierzu nur eine Geschwindigkeit erforderlich ist, welche 5½ Mal größer ist, als die einer Kanonenkugel, und unsere Vulkane haben zuweilen aus ihrer Mündung Schlacken geworfen, welche eine größere Geschwindigkeit gehabt haben müssen, wie aus der Entfernung, in welcher sie niedergefallen sind, hervorgeht. Jedoch ist die Meinung, nach welcher die Aërolithen vom Monde kommen, nichts als eine blose Hypothese und man weiß über diese auffallende Naturerscheinung nichts Gewisses.

Da die Axe des Mondes auf der Ekliptik fast senkrecht ist, so entfernt sich die Sonne nie-

mals merklich von seinem Aequator und folglich hat der Mond keine verschiedenen Jahreszeiten. Aber da er sich nur einmal um seine Axe dreht, während er sich einmal um die Erde bewegt, so hat jeder seiner Tage und jede seiner Nächte 15 Mal 24, d. h. 360 Stunden, und besonders merkwürdig hierbei ist es, daß die eine Halbkugel des Mondes, während der Abwesenheit der Sonne, durch die Erde erleuchtet wird und nicht Nacht hat, während die andere Hälfte 15 Tage hinter einander Tag hat.

Lagrange hat die Ursache zu erklären gesucht, weswegen die Umdrehungsbewegung des Mondes um seine Axe und seine Bewegung um die Erde von gleicher Dauer sind. Er hat angenommen, daß die uns zugekehrte Hälfte des Mondes viel mehr in die Länge gezogen ist, als die andere Hälfte, und vermöge ihres größern Gewichts stärker von der Erde angezogen wird und er hat diese Annahme auch auf alle übrigen Monde erstreckt.

Die Erde muß den Bewohnern des Mondes 13 Mal größer erscheinen, als uns der Mond erscheint. Sie muß ihnen sehr regelmäßige Lichtgestalten darbieten, welche Fig. 4 Taf. 2 darstellt, und sie ist der einen Hälfte der Mondsbewohner immer unsichtbar, während sie den Bewohnern des mittlern Theils der andern Hälfte beständig sichtbar ist.

Während sich die Erde um ihre Axe dreht, muß sie den Bewohnern des Mondes verschiedene Ansichten darbieten. Die Meere, die Festländer, die Wälder, die Inseln müssen als eben so viel Flecken von verschiedener Größe und Helligkeit

erscheinen und die Atmosphäre mit ihren Wolken muß in diesen Erscheinungen beständige Veränderungen hervorbringen. Wir haben bereits bemerkt, daß die Sonne beständig im Aequator des Mondes ist. Hieraus folgt, daß die Bewohner desselben nicht dieselben Mittel zur Zeitrechnung haben als wir: denn wir bestimmen das Jahr durch die Wiederkehr der Tag- und Nachtgleichen und ihre Tage sind alle einander gleich. Sie könnten übrigens die Länge eines Jahrs bestimmen, wenn sie unsere Pole beobachteten, welche ihnen vollkommen sichtbar sind und wovon der eine jedesmal anfängt erleuchtet zu werden und der andere zu verschwinden, wenn unsere Tag- und Nachtgleichen wiederkehren.

Man hat auch die Eigenschaften der Lichtstrahlen untersucht, welche uns der Mond zusendet, aber die feinsten Versuche haben weder Wärmeeigenschaften, noch chemische Eigenschaften derselben nachgewiesen. Denn concentrirt man sie in den Brennpunkt der größten Spiegel, so bringen sie keine merkliche Wirkung von Wärme hervor. Um diesen Versuch anzustellen, hat man eine Glasröhre genommen, welche an beiden Enden umgebogen ist und daselbst in zwei Kugeln ausläuft, welche mit Luft angefüllt sind, wovon die eine durchsichtig und die andere schwarz während die zwischen ihnen befindliche Röhre mit einer gefärbten Flüssigkeit angefüllt ist. Findet nun bei diesem Instrument eine Verschluckung von Wärme statt, so verschluckt die schwarze Kugel mehr Wärme als die andere, die Elasticität der in ihr enthaltenen Luft wird verstärkt und die Flüssigkeit zurückgetrieben. Dieses Instru-

ment ist so empfindlich, daß es schon den tausendsten Theil eines Grads angibt, und dessen ungeachtet hat sich bei dem angeführten Versuche kein Resultat ergeben. Das von dem Monde zurückgeworfene Licht hat also keinen merklichen Grad von Wärme. Man hat ebenfalls gefunden, daß es auch keine chemischen Eigenschaften hat: denn man hat seiner Wirkung salzsaures Silber ausgesetzt, welche Substanz sich unter der Einwirkung des Sonnenlichts augenblicklich schwarz färbt, und man hat keine Veränderung wahrgenommen.

Dessen ungeachtet schreiben Leichtgläubige dem Licht des Mondes einen großen Einfluß auf die Produkte des Landbaues zu und der rothe Mond ist noch in unsern Ländern sehr berüchtigt. Er ist, sagt man, die Ursache, daß die zarten Knospen erfrieren, und er soll auf jede beginnende Vegetation einen schlechten Einfluß haben. Es ist nicht schwer, den Mond hiervon frei zu sprechen und seine Unschuld darzuthun. Denn was ist der rothe Mond? Offenbar kein andrer als der Mond, welcher im April anfängt und im Mai endet, d. h. in einer Jahreszeit, wo die Temperatur oft nicht höher als 4, 5 oder 6 Grade über Null ist. Nun verlieren aber die Pflanzen bekanntlich des Nachts durch Ausstrahlung einen Theil der Wärme, welche sie während des Tags erhalten haben, und die Erfahrung hat gezeigt, daß dieser Verlust bei hellem Wetter, d. h. wenn keine Wolken da sind, welche diese Ausstrahlung verhindern, bis auf 7 oder 8 Grade steigen kann: denn die Wolken strahlen ihrerseits Wärme gegen die Erde aus und dienen außer-

dem als eine Bedeckung, welche die Wärme aufhält und verhindert, daß sie sich nach den höhern Regionen der Atmosphäre verbreitet. Die Temperatur der Pflanzen, welche am Tage nur 4 oder 5 Grade betrug, kann also in Folge dieser Wärmeausstrahlung auf mehrere Grade unter Null sinken und alsdann erfrieren diese Pflanzen. Da aber diese starke Wärmeausstrahlung nur statt findet, wenn der Himmel rein und folglich der Mond sichtbar ist, so schreibt man diesem den Einfluß zu, welcher nichts anders, als eine regelmäßige Wirkung der Veränderung der Temperatur ist. In diesem Irrthum wird man noch dadurch befestigt, wenn man die gegen den Mondenschein angewandten Mittel von Erfolg findet, welche in der Wirklichkeit nur die Ausstrahlung der Wärme verhindern. Die Gärtner bedecken daher die zarten Pflanzen mit Stroh oder andern Gegenständen, um sie vor den Strahlen des rothen Mondes zu schützen, wodurch aber, wie durch die Wolken, nur die Wärmeausstrahlung verhindert wird und folglich die Pflanzen vor dem Frost geschützt werden. Jetzt schreibt man dem Monde weiter keinen übeln Einfluß mehr zu. Bei den Alten war er in dieser Beziehung berüchtigt und Plutarch behauptet, daß sein Licht die Fäulniß thierischer Substanzen befördere. Es ist sehr wahr, daß, wenn man z. B. zwei Stücken Fleisch an einen offnen Ort setzt, wovon das eine den Strahlen des Mondes ausgesetzt ist, während das andere durch eine Bedeckung davor geschützt wird, das erste viel früher von der Fäulniß ergriffen wird, als das andere. Aber hier schreibt man dem Monde, wie

im vorhergehenden Fall, eine Wirkung zu, welche weder ihm, noch seinen Lichtstrahlen zukommt. Wenn das unbedeckte Stück Fleisch eher faul wird, als das andre, so liegt der Grund davon darin, daß es durch die Wärmeausstrahlung mehr abgekühlt wird, mehr Feuchtigkeit aufnimmt und das Wasser die Zersetzung thierischer Substanzen befördert, weil man sie trocknet, um sie zu erhalten.

Sechste Vorlesung.

Von den Planeten.

Merkur ☿.

Merkur ist der Planet, welcher der Sonne am nächsten ist. Man sieht ihn des Abends nach dem Untergange der Sonne in dem westlichen Theile des Himmels unter der Form einer kleinen, aber sehr hellen Scheibe, welche sich Anfangs wegen des Dämmerungslichts schwer unterscheiden läßt, aber desto sichtbarer wird, je weiter sich Merkur von der Sonne entfernt, bis er in einer gewissen Entfernung von derselben einige Zeit hindurch still zu stehen scheint. Die Bewegung dieses Planeten ist in diesem ersten Theile seines Laufs, wie die der Sonne, rechtläufig. Darauf durchläuft er seinen frühern Weg in entgegengesetzter Richtung und verschwindet zuletzt ganz. Bald darauf erscheint er des Morgens in Osten einige Zeit vor dem Aufgange der Sonne, entfernt sich immer mehr von derselben, bis zu einem Punkte, wo er wieder still zu stehen scheint.

Hierauf verschwindet er wieder in den Sonnenstrahlen und erscheint abermals nach ihrem Untergange.

Die kurze Dauer seiner Erscheinung hat darin ihren Grund, daß er der Sonne so nahe ist, von welcher er sich nur 16° bis 29° entfernt. Seine Entfernung von der Sonne ist 13,361,000 Meilen. Sein scheinbarer Durchmesser beträgt ungefähr 7″, also fast $\frac{2}{5}$ von dem der Erde. Merkur dreht sich in 24 Stunden 5 Minuten und 3 Sekunden einmal um seine Axe und durchläuft seine Bahn in 87 Tagen 23 Stunden 14 Minuten und 30 Sekunden mit einer Geschwindigkeit von 40000 Meilen in der Stunde. Seine Bahn, welche immer von der der Erde eingeschlossen ist, ist eine sehr excentrische Ellipse; sie ist gegen den Aequator des Planeten sehr geneigt und bildet mit der Ebene der Ekliptik einen Winkel von ungefähr 7°.

Wenn Merkur in seiner rückläufigen Bewegung in die Sonnenstrahlen tritt, so geschieht es zuweilen, daß man ihn unter der Form eines kleinen dunkeln Flecken vor der Sonnenscheibe vorübergehen sieht. Daß es Merkur ist, erhellt daraus, daß dieser Flecken dieselbe Lage, denselben Durchmesser und dieselbe Bewegung hat, als Merkur. Diese Erscheinung nennt man die Durchgänge des Merkurs vor der Sonnenscheibe. Sie finden für uns nicht bei allen Bewegungen dieses Planeten um die Sonne statt, weil seine Bahn gegen die Ebene der Ekliptik geneigt ist, und wir können ihn auf der Sonnenscheibe nur dann sehen, wenn er sich im Durchschnittspunkte seiner Bahn mit der Ekliptik be-

findet und wenn die Linie, welche seinen Mittelpunkt mit dem der Sonne verbindet, auch durch den Mittelpunkt der Erde geht. Aber die Kleinheit dieses Planeten, seine Entfernung von der Erde und die Nähe der Sonne verhindern es oft, daß wir seine Durchgänge vor der Sonnenscheibe, welche regelmäßig nach den Perioden von 6, 7, 13, 46 und 263 Jahren statt finden, bemerken.

Physische Beschaffenheit des Merkurs.

Merkur hat eine kugelförmige Gestalt. Wie alle übrigen Planeten erhält er sein Licht von der Sonne. Dieses beweisen sowohl seine Durchgänge vor der Sonnenscheibe, während welcher er als ein dunkler Flecken erscheint, wie auch die Lichtgestalten, welche er darbietet und welche man, wie die des Mondes, mit Hilfe eines Teleskops beobachten kann.

Durch die Anwendung dieses Instruments hat man auch gefunden, daß das eine Ende seiner Sichel abgestumpft ist. Diese Abstümpfung hat das Mittel an die Hand gegeben, die Dauer seiner Umdrehungsbewegung um seine Axe zu bestimmen: denn seine Scheibe bietet keine Flecken dar. Diese Abstumpfung rührt von den Erhabenheiten her, welche ohne Zweifel auf der Oberfläche des Merkurs vorhanden sind und welche in einer gewissen Lage uns einige der von der Sonne erleuchteten Punkte verhüllen.

Man glaubt, daß Merkur von einer sehr dichten Atmosphäre umgeben sey. Seine fortrückende Bewegung im Raum ist schneller, als die der übrigen Planeten, weil er der Sonne näher ist. Diese erscheint, vom Merkur aus ge-

sehen, dreimal so groß, als wir sie erblicken, und Newton hat berechnet, daß die Wärme, welche Merkur von der Sonne erhält, sieben Mal beträchtlicher ist, als die unserer heißen Zone. Man muß aber daraus nicht schließen, daß dieser Planet wirklich einer so hohen Temperatur ausgesetzt ist: denn wir kennen die Ursachen, welche die Wärme erzeugen, noch nicht genug, um zu dieser Folgerung berechtigt zu seyn, und es könnte der Fall seyn, daß die Wirkung der Lichtstrahlen durch die Natur der materiellen Bestandtheile der verschiedenen Planeten modificirt würde.

Venus ♀.

Venus ist der schönste aller Sterne, weswegen er auch diesen Namen erhalten hat. Wie Merkur erscheint die Venus bald des Morgens, bald des Abends, und sie wird daher der Morgen- oder Abendstern genannt, je nachdem man sie vor Sonnenaufgang oder Untergang erblickt. Einige Tage nach ihrer Conjunction mit der Sonne sieht man sie zuerst des Morgens auf der westlichen Seite der Sonne unter der Form einer hellen Sichel, deren hohle Seite der Sonne zugekehrt ist. Sie bewegt sich nach Westen und je weiter sie fortrückt, desto langsamer wird ihre Bewegung und desto mehr nimmt der erleuchtete Theil zu, bis sie endlich in einen Punkt kommt, worin sie einige Zeit stehen bleibt und die Form eines Halbkreises hat. Hierauf bewegt sie sich wieder nach Osten mit einer allmählig zunehmenden Geschwindigkeit, bis sie die Sonne erreicht hat. Einige Zeit nachher sieht man sie des Abends auf der östlichen Seite der Sonne ganz rund,

aber sehr klein. Sie setzt ihren Lauf nach Osten fort, indem ihr Durchmesser zunimmt, sie selbst aber ihre runde Gestalt verliert, bis sie wieder die Form eines Halbkreises hat. Endlich bewegt sie sich wieder nach Westen, ihr Durchmesser nimmt immer zu und sie bildet einen abnehmenden Mond, bis sie zuletzt mit der Sonne wieder in Conjunction tritt.

Die Entfernung der Venus von der Erde ist, wie die des Merkurs, sehr veränderlich, wie aus den Veränderungen der Größe ihrer scheinbaren Durchmesser erhellt. Ihre mittlere Entfernung von der Sonne beträgt 25,000,000 Meilen und ihr scheinbarer Durchmesser ändert sich von 30″ bis 184″. Sie dreht sich in 23 Stunden 21 Minuten und 19 Sekunden einmal um ihre Axe und in 224 Tagen 16 Stunden 41 Minuten und 27 Sekunden vollendet sie ihren Lauf um die Sonne. Ihre Bahn ist gegen die Ekliptik unter einem Winkel von 3° 24′ geneigt und ist beständig von der Erdbahn eingeschlossen.

Die Venus hat, wie Merkur, ebenfalls die Eigenthümlichkeit, daß sie vor der Sonnenscheibe vorübergeht, und sie erscheint alsdann wie er als ein dunkler Flecken. Diese Erscheinungen sind aber sehr selten und die Astronomen benutzen sie, ihre Entfernung mit Genauigkeit zu messen. Wir haben übrigens gesehen, wie man vermittels dieser Durchgänge der Venus durch die Sonnenscheibe die Parallaxe der Sonne bis auf den zehnten Theil einer Sekunde genau erhält.

Physische Beschaffenheit der Venus.

Wenn dieser Planet auf der Sonnenscheibe erscheint, so bildet er, wie schon bemerkt, einen

kleinen runden und dunklen Flecken. Er hat folglich eine kugelförmige Gestalt und erhält sein Licht von der Sonne, was wir schon aus der Erscheinung seiner Lichtgestalten schließen durften.

Die Dauer der Drehung um seine Axe ist, wie bei dem Merkur, durch die Beobachtung der Erhabenheiten auf seiner Oberfläche bestimmt, welche das von ihm zurückgeworfene Licht auffangen, so daß der erleuchtete Theil als eine abgestumpfte Sichel erscheint. Man brauchte zu dem Zwecke nur den Zeitraum zu berechnen, welcher zwischen zwei auf einander folgenden Erscheinungen dieser Abstufung verflossen war. Dieser Planet ist von einer Atmosphäre umgeben, wie ein deutscher Astronom gefunden hat, indem er das Gesetz der Abnahme des Lichts berechnete, und es ist ausgemacht, daß sein erleuchteter Theil größer ist, als er seyn müßte, wenn keine Brechung der Lichtstrahlen durch eine Atmosphäre statt fände.

Obgleich die Venus beinahe eben so groß ist, als die Erde, so bewegt sie sich doch viel schneller, als diese, weil sie der Sonne näher ist. Diese erscheint, von der Venus aus gesehen, zweimal so groß, als von der Erde aus und Merkur ist ihr Morgen- und Abendstern, wie sie selbst der unsrige ist.

Die Neigung des Aequators der Venus gegen ihre Bahn beträgt 75°, d. h. $51\frac{1}{2}°$ mehr, als die des Aequators der Erde gegen die Ekliptik. Der Nordpol ihrer Axe neigt sich gegen den 20sten Grad des Wassermanns, indem man vom Krebs ausgeht. Die nördlichen Gegenden der Venus haben folglich in den Zeichen Sommer,

in welchen wir Winter haben, und umgekehrt. Da die größte Declination der Sonne auf jeder Seite ihres Aequators 75° beträgt, so sind ihre Wendekreise um 15° von ihren Polen entfernt und ihre Polarkreise eben so weit vom Aequator. Auf der Venus ist es also unter ihrem Aequator während ihrer Bewegung um die Sonne zweimal Sommer und zweimal Winter.

Man hat viele Beobachtungen angestellt, um zu erfahren, ob Merkur und Venus Trabanten haben; allein man hat bis jetzt noch keine bemerkt und es scheint in der That auch, als ob nur die obern Planeten Trabanten hätten.

Obere Planeten.

Die beiden Planeten, von welchen eben die Rede gewesen ist, werden untere Planeten genannt, weil sie, wie wir vorhin bemerkten, nicht so weit von der Sonne entfernt sind, als die Erde. Dagegen heißen die Planeten, womit wir uns nun beschäftigen wollen, obere Planeten, weil die Erde der Sonne näher ist, als sie.

Mars ♂.

Dieser Planet folgt hinsichtlich seiner Entfernung von der Sonne unmittelbar auf unsere Erde. Er scheint sich von Westen nach Osten um die Erde zu bewegen, aber seine Bewegung bietet viele Unregelmäßigkeiten dar. Des Morgens, wenn er anfängt, sich von der Sonne zu entfernen, bewegt er sich sehr schnell; aber diese Schnelligkeit nimmt allmählig ab und hört bei einer Entfernung von ungefähr 37° ganz auf. Der Planet nimmt alsdann bei zunehmender Ge-

schwindigkeit eine rückläufige Bewegung an, in Folge welcher er mit der Sonne in Opposition kommt. Seine Geschwindigkeit nimmt wieder allmählig ab und er scheint zurück zu gehen, bis er wieder 137° von der Sonne entfernt ist. Alsdann wird seine Bewegung wieder rechtläufig und er verschwindet in den Sonnenstrahlen.

Die mittlere Entfernung des Mars von der Sonne beträgt 35,000,000 Meilen. Da seine Entfernung von der Erde sehr veränderlich ist, so ändern sich die Dimensionen seines scheinbaren Durchmessers von 18″ bis 90″. Durch die Beobachtung der Flecken, welche seine Scheibe darbietet, hat man gefunden, daß sich der Mars in 24 Stunden 31 Minuten und 22 Secunden um seine Axe dreht. Er bewegt sich in einer sehr excentrischen Ellipse, welche er in 686 Tagen 23 Stunden 30 Minuten 41,4 Secunden durchläuft. Seine Axe ist gegen seine Bahn unter einem Winkel von 61° 33′ und seine Bahn gegen die Ekliptik unter einem Winkel von 1° 51′ 1″ geneigt. Sein Aequatorialdurchmesser verhält sich zu seinem Polardurchmesser wie 16 zu 15.

Die Entfernung des Mars von der Sonne ist, während er seine Bahn durchläuft, sehr veränderlich. Bald ist er ihr nahe, bald weit von ihr entfernt. Zuweilen geht er auf, wenn die Sonne untergeht, und geht unter, wenn sie aufgeht. Seine Entfernung von der Erde ist ebenfalls sehr veränderlich, aber weniger in den Oppositionen, als in den Conjunctionen. Wie Merkur und Venus bietet auch der Mars die Erscheinung der Lichtgestalten dar, ohne daß jedoch seine

Sichel, wie die dieser beiden Planeten, abgestumpft erscheint.

Physische Beschaffenheit des Mars.

Wenn man diesen Planeten mit einem Teleskop beobachtet, so erscheint seine Scheibe rund und da sie niemals ausgezackt ist, so scheint er weniger Erhabenheiten auf seiner Oberfläche zu haben. Seine Lichtgestalten zeigen, daß er kein selbst leuchtender Körper ist. Auf seiner Oberfläche bemerkt man Flecken von verschiedenen Nüancen, vermittels welcher man die Dauer seiner Umdrehung um seine Axe bestimmt hat. Das Licht, welches der Mars zurückwirft, ist dunkelroth und man schreibt diese Erscheinung der Atmosphäre zu, welche ihn umgibt, und welche so hoch und so dicht ist, daß, wenn er sich irgend einem Fixsterne nähert, dieser seine Farbe ändert, sich verdunkelt und oft ganz verschwindet, obgleich er noch in einiger Entfernung von dem Körper des Planeten ist.

Außer den Flecken, welche zur Bestimmung der Umdrehung des Mars um seine Axe gedient haben, haben mehrere Astronomen gegen seinen Südpol einen Abschnitt seiner Oberfläche bemerkt, welcher viel heller ist, als der übrige Theil seiner Scheibe, so daß es scheint, als gehörte dieser Theil einer größern Kugel an. Maraldi hat gelehrt, daß dieser glänzende Flecken schon vor 60 Jahren beobachtet worden und daß er von allen der beständigste ist. Ein Theil dieses Planeten ist glänzender, als der andre, und der dunkelste ist so großen Veränderungen unterworfen, daß er zuweilen ganz verschwindet. Ein ähnlicher

Glanz ist auch oft am Nordpol beobachtet worden. Diese Beobachtungen sind von Herschel bestätigt, welcher den Planeten mit bessern und stärkern Instrumenten, als man bisher auf ihn angewandt hatte, untersucht hat. Nach diesem Astronomen findet zwischen dem Mars und der Venus die größte Aehnlichkeit statt, welche das Sonnensystem darbietet. Diese beiden Himmelskörper haben fast dieselbe tägliche Bewegung und die Schiefe ihrer Bahnen ist nicht merklich verschieden. Von allen obern Planeten ist Mars derjenige, dessen Entfernung von der Sonne der Entfernung der Erde von der Sonne am nächsten kommt, und die Länge seines Jahrs scheint auch nicht sehr von der des unsrigen verschieden zu seyn, wenn man sie mit der Länge der Jahre des Jupiters, Saturns und Uranus vergleicht. Da auf unserer Erde unter den Polen beständiges Eis liegt und es Berge gibt, welche beständig mit Eis und Schnee bedeckt sind, die nur zum Theil aufgelöst werden, wenn die Sonne abwechselnd darauf wirkt, so kann man annehmen, daß dieselben Ursachen auch dieselben Wirkungen auf den Mars hervorbringen, daß die hellern Flecken an den Polen desselben von der stärkern Zurückwerfung des Lichts in diesen Eisgegenden herrühren und daß die Abnahme dieser Flecken der Wirkung der Sonnenstrahlen zugeschrieben werden kann. Der Flecken am Südpol war 1781 sehr groß, welches auch der Fall seyn mußte, weil dieser Pol aus einer zwölf Monate langen Nacht hervortrat und während dieser ganzen Zeit der Sonnenwärme nicht ausgesetzt war. 1783 war er kleiner und nahm vom 20sten Mai bis Mitte Septembers allmäh-

lig ab, wo sich seine Größe nicht zu ändern schien. Zu dieser Zeit war es am Südpol acht Monate Sommer gewesen, während welcher er beständig der Wirkung der Sonnenstrahlen ausgesetzt war, welche zuletzt freilich in sehr schiefer Richtung auffielen und folglich keine beträchtliche Wirkung mehr haben konnten. Dagegen schien sich der helle Fleck am Nordpol, welcher 12 Monate der Sonne ausgesetzt war und darauf in eine absolute Finsterniß gehüllt wurde, nicht merklich vergrößert zu haben, obgleich sein Volumen sich ohne Zweifel vergrößert hatte. Dieser Pol war 1783 nicht sichtbar, weil die Lage der Axe des Mars dieses verhinderte.

Auch noch eine andre Betrachtung bestätigt die Annahme, welche wir in Beziehung auf die hellen Flecken an den Polen des Mars, nämlich daß sie von dem daselbst befindlichen Eis und Schnee herrühren, gemacht haben.

Da die Axe dieses Planeten gegen seine Bahn unter einem Winkel von 61° 33′ geneigt ist, so können die Wechsel der Jahreszeiten nicht sehr merklich seyn und diese beständige Temperatur unter jedem Parallelkreise kann folglich als der Eisbildung günstig betrachtet werden.

Die Sonne sendet dem Mars ungefähr den dritten Theil so viel Licht zu, als der Erde. Auch scheint es auffallend, daß er keine Monden oder Trabanten hat, an deren Stelle er aber, wie bereits bemerkt worden, eine hohe und dichte Atmosphäre hat.

Die vier teleskopischen Planeten.

Diese Planeten, welche im Sonnensystem zwischen dem Mars und Jupiter liegen, sind erst

in neuerer Zeit entdeckt worden. Dieser Umstand, so wie ihre Kleinheit und bedeutende Entfernung sind die Gründe, weswegen diese Planeten noch wenig bekannt sind.

Juno ⚵.

Dieser Planet wurde den ersten September 1803 von Harding entdeckt und hat nach Schröter einen Durchmesser von 475 Meilen. Er bewegt sich in 4 Jahren und 128 Tagen um die Sonne, in einer Bahn, welche gegen die Ekliptik unter einem Winkel von 13° 4½′ geneigt ist. Seine Entfernung von der Sonne beträgt ungefähr 92,000,000 Meilen.

Ceres ⚳.

Von den 4 teleskopischen Planeten wurde die Ceres am 1sten Januar 1801 von Piazzi zuerst entdeckt. Ihr Durchmesser, welcher nach Herschel 50 und nach Schröter 475 Meilen betragen soll, ist nicht genau bekannt. Sie durchläuft ihre Bahn um die Sonne in einem Zeitraum von 4½ Jahren. Die Ebene ihrer Bahn bildet mit der Ebene der Ekliptik einen Winkel von 10° 37′ 25″. Ihre Entfernung von der Sonne beträgt ungefähr 95,000,000 Meilen. Sie erscheint als ein Nebelstern, welcher von sehr veränderlichen Nebeln umgeben wird, welches Herschel veranlaßt hat, anzunehmen, daß sie eine Atmosphäre habe.

Pallas ⚴.

Sie wurde von Olbers den 28sten März 1802 entdeckt. Schröter gibt ihr einen Durch-

messer von 700 Meilen, aber Herschel nur von 50 Meilen. Ihre Bahn ist sehr länglich und unter dem größten Winkel gegen die Ekliptik geneigt, welcher 34° 37′ 30″ beträgt. Die Pallas durchläuft ihre Bahn in dem Zeitraum von 4 Jahren 7 Monaten 11 Tagen. Ihre Entfernung von der Sonne beträgt 96000000 Meilen. Sie hat eine aschgraue Farbe und läßt sich selbst mit den stärksten Instrumenten nur schwer erkennen.

Vesta ⚶.

Die Vesta wurde den 29sten März 1807 von Olbers entdeckt. Sie beschreibt ihre Bahn in 3 Jahren 66 Tagen 4 Stunden, welche sehr unregelmäßig zu seyn scheint und sich unter einem Winkel von 7° 8′ gegen die Ekliptik neigt. Dieser kleine Planet ist sehr wenig bekannt. Herschel hat ihn mit einem stark vergrößernden Instrument beobachtet, aber er ist ihm niemals als eine Scheibe, sondern immer nur als ein leuchtender Punkt erschienen. Man schätzt seine Entfernung von der Sonne auf 81000000 Meilen.

Obgleich man die Dimensionen dieser 4 Planeten noch nicht genau kennt, so kann man doch so viel behaupten, daß sie in Vergleich zu den übrigen Planeten und zu ihrer Entfernung von der Sonne sehr klein sind. Eine andre Abweichung, welche sie darbieten, besteht darin, daß sie sich sehr von dem Thierkreis oder von dem Wege der Planeten entfernen. Diese Betrachtungen haben zu der gewagten Meinung Veranlassung gegeben, daß diese 4 kleinen Planeten vielleicht nichts anders sind, als Theile eines einzigen Planeten, welcher zwischen dem Mars und

Jupiter seinen Platz gehabt hat. Diese Meinung erlangt einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit, wenn man zu den vorhergehenden Bemerkungen noch die hinzufügt, daß diese Planeten nicht rund sind, welches die plötzliche Abnahme ihres Lichts anzeigt, wenn sie uns ihre Ecken zukehren, und daß ihre Bahnen alle durch denselben Punkt gehen, welches in der gemachten Voraussetzung nach den Gesetzen der Mechanik der Fall seyn muß. Denn nach diesen Gesetzen muß jeder Theil eines zersprengten Planeten eine solche Bahn umschreiben, daß er durch den Punkt geht, in welchem die Explosion statt fand.

Siebente Vorlesung.

Jupiter ♃

und seine Trabanten.

Jupiter ist der größte von den Planeten und nächst der Venus auch der glänzendste. Er ist 1281 Mal größer als die Erde und blos wegen seiner großen Entfernung erscheint er uns so klein. Er dreht sich mit einer außerordentlichen Geschwindigkeit um seine Axe und zwar in 9 Stunden 56 Minuten. Um die Sonne bewegt er sich in 4330 Tagen 4 Stunden 39 Minuten 6 Secunden in einer Ellipse, deren Ebene gegen die der Ekliptik unter einem Winkel von 1° 46′ geneigt ist. Wegen der großen Entfernung des Jupiters kann man seine Lichtgestalten, welche er ohne Zweifel wie alle übrigen Planeten darbietet, nicht bemerken.

Wenn man den Jupiter mit einem Teleskop betrachtet, so bemerkt man um ihn 4 kleine leuch-

tende Körper, welche sich um ihn bewegen und seine Trabanten oder Monden genannt werden. Man unterscheidet sie nach ihrer Lage, indem der nächste der erste ist u. s. f. Sie bewegen sich in Bahnen, welche fast in der Ebene des Aequators liegen, und zwar

der 1ste	in	1	T.	18	St.	27	M.	35	S.
der 2te	=	3	=	13	=	13	=	42	=
der 3te	=	7	=	3	=	42	=	33	=
der 4te	=	16	=	16	=	32	=	8	=

Die drei ersten Trabanten bewegen sich in sehr wenig von einander verschiedenen Ebenen, aber der vierte entfernt sich etwas mehr. Ihre Bahnen sind fast kreisförmig und man hat nur in der Bahn des dritten und vierten Trabanten Excentricitäten bemerkt, in denen die des letztern besonders bemerklich ist.

Die Bewegungen der drei ersten Trabanten stehen in einer merkwürdigen Beziehung zu einander. Addirt man nämlich die mittlere Bewegung des ersten zu der doppelten des dritten, so ist die Summe beständig der dreifachen mittlern Bewegung des zweiten gleich, und wenn man von der mittlern Länge des ersten Trabanten die dreifache mittlere Länge des zweiten abzieht und zu dem Reste die doppelte mittlere Länge des dritten addirt, so ist die Summe immer gleich 180°. Der fingirte Planet oder Trabant, welcher die Bahn eines Planeten oder Trabanten mit gleichförmiger Geschwindigkeit in derselben Zeit als dieser beschreibt, heißt der **mittlere** Planet oder Trabant und seine Bewegung, Länge 2c. die **mittlere** Bewegung, Länge 2c.

Herschel hat, indem er diese Trabanten mit dem Teleskop genau beobachtete, bemerkt, daß ihre Lichtstärke periodische Veränderungen erleidet und er hat auch die Zeiten berechnet, in welcher sie sich um ihre Axe drehen, indem er die Flecken auf ihrer Oberfläche beobachtete. Er hat gefunden, daß sie dem Jupiter immer dieselbe Seite zukehren und daß sie sich folglich in derselben Zeit, in welcher sie sich um ihre Axe drehen, auch um den Jupiter bewegen, woraus offenbar hervorgeht, daß sie ähnliche Körper wie der Mond sind. Maraldi war schon in Beziehung auf den vierten Trabanten zu derselben Folgerung gelangt, indem er die Wiederkehr desselben Fleckens auf seiner Oberfläche beobachtete.

Wenn die Trabanten des Jupiters vermöge ihrer Bewegung um denselben zwischen ihn und die Sonne treten, so werfen sie auf den erleuchteten Theil seiner Scheibe einen Schatten, welcher sich mit der Entfernung und Größe jedes Trabanten ändert. Es findet also eine partielle Finsterniß dieses Planeten statt, woraus folgt, daß weder Jupiter, noch seine Trabanten selbst leuchtende Körper sind.

Wenn dagegen die Trabanten in Folge ihrer Bewegung um den Jupiter hinter denselben treten, so sieht man sie successive verschwinden, und hierin bestehen die Verfinsterungen der Trabanten. Die drei ersten Trabanten verfinstern sich bei jedem Umlauf, aber der vierte hat eine so sehr geneigte Bahn, daß er bei seiner Opposition mit dem Jupiter innerhalb 6 Jahren nur während 2 Jahren in seinen Schatten treten kann.

Aus den oben erwähnten merkwürdigen Verhältnissen erhellt, daß die drei ersten Trabanten für eine lange Reihe von Jahren nicht zugleich verfinstert werden können, denn bei den gleichzeitigen Verfinsterungen des zweiten und dritten Trabanten ist der erste beständig mit dem Jupiter in Conjunction und umgekehrt.

Man hat bemerkt, daß diese Verfinsterungen niemals von Morgen gegen Abend, sondern von Abend gegen Morgen statt finden. Hieraus folgt, daß sich diese Trabanten, wie alle übrigen Planeten unsres Sonnensystems, von Abend nach Morgen bewegen.

Diese Verfinsterungen der Jupiterstrabanten haben, wie wir später sehen werden, das Mittel an die Hand gegeben, die Geschwindigkeit des Lichts zu bestimmen. Wir werden auch sehen, daß sie den Seefahrern zur Bestimmung der geographischen Länge von großem Nutzen sind.

Physische Beschaffenheit des Jupiters.

Wir haben gesehen, daß sowohl Jupiter, als seine Trabanten, ihr Licht von der Sonne erhalten. Obgleich Jupiter 1281 Mal größer ist, als die Erde, so beträgt seine Dichtigkeit doch nur den vierten Theil von der der Erde. Er hat eine abgeplattete Gestalt und diese Abplattung, welche $\frac{1}{13}$ beträgt, ist die Folge von der großen Schnelligkeit, mit welcher er sich um seine Axe dreht, wie wir beweisen werden, wenn wir von der Erde sprechen. Da seine Axe auf der Ebene seiner Bahn fast senkrecht ist, so ist die Sonne fast immer in der Ebene seines Aequators, so daß

der Wechsel der Jahreszeiten beinahe unmerklich ist und daß die Nächte fast immer den Tagen gleich sind. Die Sonne erscheint vom Jupiter aus fünf Mal kleiner, als uns und er erhält von ihr zwanzig Mal weniger Licht und Wärme, als die Erde. Aber seine Nächte sind sehr kurz und werden von 4 hellen Monden erleuchtet, wovon wenigstens einer immer sichtbar ist.

Wenn man den Jupiter mit einem guten Teleskop beobachtet, so bemerkt man eine Menge von Zonen und Streifen von einer dunklern Farbe, als der übrige Theil seiner Scheibe auf demselben. Sie sind im Allgemeinen zum Aequator parallel, welcher so zu sagen in der Ekliptik ist, aber sie sind in andrer Beziehung großen Veränderungen unterworfen. Zuweilen bemerkt man nur einen solchen Streifen und andre Zeit wohl acht. Zuweilen sind sie auch nicht parallel unter einander und haben eine veränderliche Breite. Oft zieht sich der eine zusammen, während sich der benachbarte ausdehnt und sich beide so zu sagen vermischen. Die Zeit ihrer Dauer ist verschieden; manche behielten 3 Monate dieselbe Form, während andre nach einer oder nach zwei Stunden verschwanden. Der Zusammenhang dieser Streifen wird zuweilen unterbrochen, so daß sie abgerissen erscheinen. Die Flecken und Streifen, welche den 7ten April 1792 beobachtet wurden, sind in Fig. 27 Taf. 2 dargestellt. Man betrachtet die Flecken als dem Körper des Planeten angehörig und die leuchtenden Theile als Lichtwolken, welche von dem Winde nach verschiedenen Richtungen schnell fortgetrieben werden.

Saturn ♄,
sein Ring und seine Trabanten.

Wenn man den Saturn mit blosem Auge betrachtet, so erscheint er als ein Nebelstern von einem matten und bleifarbigen Licht und da er sich sehr langsam fortbewegt, so läßt er sich kaum von einem Fixstern unterscheiden. Er zeigt auf seiner Scheibe, parallel zu seinem Aequator, eine Reihe ähnlicher Streifen, wie die des Jupiters, aber schmäler, und durch die Beobachtung dieser Streifen hat Herschel die Zeit der Umdrehung um seine Axe bestimmt; sie beträgt $10\frac{1}{2}$ Stunden. Seine Abplattung an den Polen beträgt $\frac{1}{11}$ und er bewegt sich in einer Entfernung von 329,000,000 Meilen in einer Bahn um die Sonne, welche er in 29 Jahren 5 Monaten 14 Tagen durchläuft und deren Neigung gegen die Ekliptik $2\frac{1}{2}$ Grad beträgt. Dieser Planet ist 900 mal größer, als die Erde und die Sonne sendet ihm nur den 90. Theil des Lichts zu, welches die Erde erhält. So wie Jupiter hat auch Saturn Trabanten und zwar sieben. Sechs derselben bewegen sich fast in der Ebene des Aequators, aber der siebente entfernt sich merklich davon; die Neigung seiner Bahn beträgt ungefähr 30°. Man hat gefunden, daß sich dieser Trabant nur einmal um sich dreht, während er sich um den Saturn bewegt, und wenn gleich dieses bei den übrigen Trabanten noch nicht nachgewiesen ist, so läßt es sich nach der Analogie doch vermuthen; denn diese Gleichheit zwischen der Dauer der drehenden und fort

rückenden Bewegung scheint ein Gesetz der Nebenplaneten zu seyn.

Die Bestimmung der Dauer der Bewegung der Trabanten des Saturns um ihn bietet große Schwierigkeiten dar. Man hat für diese Zeiten und für ihre Entfernung folgende Werthe gefunden. Der erste Trabant vollendet seinen mittleren Sideralumlauf
in 22 St. 37 Min. 23 Sec. in der Entfernung von 39,878 Meilen vom Saturn,
der 2te in 1 Tag 8 St. 53 Min. 9 Sec. in der Entfernung von 51,165 Meilen vom Saturn,
der 3te in 1 Tag 21 St. 18 Min. 26 Sec. in der Entfernung von 63,844 Meilen vom Saturn,
der 4te in 2 Tag. 17 St. 44 Min. 51 Sec. in der Entfernung von 81,140 Meilen vom Saturn,
der 5te in 4 Tag. 12 St. 25 Min. 11 Sec. in der Entfernung von 113,335 Meilen vom Saturn,
der 6te in 15 Tag. 22 St. 41 Min. 14 Sec. in der Entfernung von 262,086 Meilen vom Saturn,
der 7te in 79 Tag. 7 St. 54 Min. 37 Sec. in der Entfernung von 765,513 Meilen vom Saturn.

Die Trabanten des Saturns werden oft verfinstert und sie dienen, wie die des Jupiter, zur Bestimmung der geographischen Länge, aber sie lassen sich wegen ihrer großen Entfernung schwer beobachten.

Saturn ist schon wegen der Anzahl seiner Trabanten merkwürdig, aber wegen des Ringes, von welchem er umgeben wird, wird er es noch mehr (Fig. 27. Taf. 2.). Dieser Ring ist ein heller Streifen, welcher in der Ebene des Aequators des Planeten liegt und gleichsam eine Einfassung desselben bildet, wovon er ungefähr so

weit entfernt ist, als seine Breite beträgt. Dieser Ring erscheint unter der Form einer mehr oder weniger länglichen Ellipse, je nach der schiefen Richtung, in welcher wir ihn sehen und welche in den verschiedenen Neigungen der Axe des Saturns bei seiner Bewegung um die Sonne gegen uns ihren Grund hat. Wenn der Ring diese elliptische Form hat, so kann man, wenn seine Lage nicht gar zu schief ist, zwischen ihm und dem Saturn die Sterne hindurch sehen. Aber wenn er eine solche Lage hat, daß die Erweiterung seiner Ebene durch den Mittelpunkt der Erde geht, so kehrt er uns seinen Rand zu und alsdann ist der Gesichtswinkel, unter welchem er erscheint, so klein, daß ein stark vergrößerndes Instrument erforderlich ist, wenn er sichtbar werden soll. Er erscheint alsdann unter der Form eines hellen Fadens, welcher durch die Scheibe des Planeten hindurchgeht.

Wenn man stark vergrößernde Fernröhre anwendet, so bemerkt man auf der Oberfläche des Rings dunkele concentrische Ringe, welche mehrere Absonderungen zu bilden scheinen; aber man unterscheidet besonders zwei Ringe, deren Dimensionen Herschel berechnet hat. Nach diesem Astronomen beträgt der innere Durchmesser des kleinen Rings 48782 Meilen, sein äußerer Durchmesser 61464 Meilen, der innnere Durchmesser des größeren Rings 63466 Meilen und der äußere Durchmesser desselben 68294 Meilen. Hiernach beträgt also die Entfernung zwischen dem Saturn und dem innern Umfange des kleinen Rings 10627 Meilen, wenn der Durchmesser des Saturns 27529 Meilen beträgt.

Durch die Beobachtung der Flecken des Saturnrings hat Herschel die Dauer der Umdrehung um seine Axe auf 10 Stunden 29 Minuten 16 Secunden bestimmt. Diese Umdrehungsaxe des Ringes ist auf seiner Ebene senkrecht und ist dieselbe, als die des Saturns.

Durch diese Dauer der Umdrehung des Saturnrings, welche genau die eines Trabanten zu seyn scheint, welcher sich in der mittlern Peripherie des Rings bewegt, hat Biot erklärt, weswegen sich der Saturnring um diesen Planeten erhalten kann, ohne ihn zu berühren, oder wenigstens hat er diese Erscheinung mit der allgemeinen Ursache, in Folge welcher alle Trabanten an ihre Planeten gebunden sind, in Verbindung gebracht.

Denn man kann, sagt Biot, jeden Theil des Rings als einen kleinen Trabanten des Saturns und den Ring selbst als ein System von Trabanten betrachten, welche auf eine unveränderliche Weise mit einander verbunden sind. Wenn diese Körper frei und unabhängig von einander wären, so würde sich ihre Geschwindigkeit mit ihrer Entfernung vom Mittelpunkte des Planeten ändern; die diesem Mittelpunkte näher liegenden würden sich schneller und die entferntern langsamer bewegen, als die in der Mitte des Ringes liegenden. Wenn nun aber diese einzelnen Theile mit einander verbunden werden und einen festen Körper bilden, so tritt eine Art von Compensation zwischen ihren Geschwindigkeiten ein; diejenigen, welche sich mit einer größern Geschwindigkeit bewegen, theilen den langsamer bewegten einen Theil ihrer Geschwindigkeit mit,

so daß ein Gleichgewicht eintritt und nur noch eine allen Theilen gemeinschaftliche mittlere Bewegung statt findet, welche keine andere als die des mittleren Kreisrings ist. Diese Ringe erhalten sich eben so um den Saturn, wie der Mond um die Erde.

Diese Theorie würde offenbar auch noch in dem Falle statt finden, wenn der Saturnring aus mehreren concentrischen von einander unabhängigen Ringen zusammengesetzt wäre, wie es der Fall zu seyn scheint und man hätte sie alsdann blos auf jeden einzelnen Ring besonders anzuwenden und ihre Umdrehungszeiten würden offenbar wesentlich verschieden seyn.

Zuweilen wirft der Saturnring einen Schatten auf die Scheibe des Planeten und verdeckt einen Theil derselben und andererseits bedeckt der Planet einen Theil des Rings. Hieraus folgt, daß sowohl der Saturnring, als auch der Saturn selbst nicht selbstleuchtend sind.

Uranus ♅
und seine Monden.

Dieser Planet ist von allen am weitesten von der Sonne entfernt und seine Bahn umschließt alle übrigen Planetenbahnen. Seine Entfernung von der Sonne beträgt 662,000000 Meilen und er bewegt sich in 84 Jahren um die Sonne. Die Neigung seiner Bahn gegen die Ekliptik beträgt nur 46′ 26″. Die Dauer der Umdrehung um seine Axe ist noch nicht bestimmt.

Dem blosen Auge ist er kaum sichtbar und durch ein Teleskop erscheint er aschgrau.

Seine Scheibe ist sehr genau begrenzt. Er erhält von der Sonne nur den 362. Theil des Lichts, welches sie der Erde zusendet. Als er entdeckt wurde, hielt man ihn Anfangs für einen Kometen, aber wegen seiner Nähe bei der Ekliptik erkannte man ihn bald als einen Planeten. Bis daher hatte man ihn als einen Fixstern betrachtet.

Herschel, welcher ihn zuerst als einen Planeten erkannte, entdeckte auch 6 Trabanten, welche sich fast in derselben Ebene um ihn bewegen. Für ihre Umlaufszeiten und Entfernungen hat man folgende Werthe gefunden. Der erste vollendet seinen Sideralumlauf

in 5 Tag. 21 St. 25 Min. 21 Sec. in der Entfernung von 47,718 Meilen,
der 2te in 8 Tag. 16 St. 57 Min. 47 Sec. in der Entfernung von 96,940 Meilen,
der 3te in 10 Tag. 23 St. 3 Min. 59 Sec. in der Entfernung von 129,572 Meilen,
der 4te in 13 Tag. 10 St. 56 Min. 30 Sec. in der Entfernung von 129,572 Meilen,
der 5te in 38 Tag. 1 St. 48 Min. — Sec. in der Entfernung von 259,162 Meilen,
der 6te in 107 Tag. 16 St. 39 Min. 56 Sec. in der Entfernung von 515,254 Meilen.

Die folgende Uebersicht gibt das Volumen, die Masse, die Dichtigkeit, die Entfernung, die Geschwindigkeit, die Neigung der Bahn rc. der Planeten an.

Entfernungen der Planeten von der Sonne.

Merkur . . .	13,361,000	Meilen.
Venus . . .	25,000,000	„
Erde . . .	34,500,000	„

Mars . . .	52,613,000	Meilen
Vesta . . .	81,530,000	„
Juno . . .	91,278,000	„
Ceres . . .	95,532,000	„
Pallas . . .	95,892,000	„
Jupiter . . .	180,000,000	„
Saturn . . .	329,200,000	„
Uranus . . .	662,000,000	„

Durchmesser der Sonne und der Planeten.

Sonne	315,000	Meilen.
Merkur . . .	1,130	„
Venus	2,787	„
Erde	2,865	„
Mond	782	„
Mars	1,592	„
Vesta	unbekannt.	
Juno		
Ceres		
Pallas		
Jupiter . . .	33,121	„
Saturn . . .	27,529	„
Uranus	12,212	„

Volumen der Sonne und der Planeten, wenn das der Erde als Einheit angenommen wird.

Sonne	1395324
Merkur	0,0565
Venus	0,8828
Erde	1
Mond	0,02042
Mars	0,1386
Vesta	unbekannt.
Juno	

Ceres	unbekannt.
Pallas	unbekannt.
Jupiter	1280,9
Saturn	974,78
Uranus	81,26

Masse der Sonne und der Planeten, wenn die der Erde zur Einheit angenommen wird.

Sonne	329630
Merkur	0,1627
Venus	0,9243
Erde	1
Mond	0,0146
Mars	0,1294
Vesta	unbekannt.
Juno	unbekannt.
Ceres	unbekannt.
Pallas	unbekannt.
Jupiter	308,94
Saturn	93,271
Uranus	1,6904

Dichtigkeiten der Sonne und der Planeten, wenn die der Erde als Einheit angenommen wird.

Sonne	0,23624
Merkur	2,879646
Venus	1,04701
Erde	1
Mond	0,715076
Mars	0,930736
Vesta	unbekannt.
Juno	unbekannt.
Ceres	unbekannt.
Pallas	unbekannt.

Jupiter	0,24119
Saturn	0,095684
Uranus	0,020802

Gewichte der Sonne und der Planeten, wenn das der Erde als Einheit angenommen wird.

Sonne	27,65
Merkur	1,07
Venus	1
Erde	1
Mond	0,228
Mars	0,43
Vesta	unbekannt.
Juno	
Ceres	
Pallas	
Jupiter	2,51
Saturn	1,3
Uranus	0,95

Fallhöhe eines schweren Körpers auf der Oberfläche der Sonne und der Planeten.

Sonne	429	Fuß
Merkur	12	=
Venus	18	=
Erde	16	=
Mond	3	=
Vesta	unbekannt.	
Juno		
Ceres		
Pallas		
Jupiter	42	Fuß
Saturn	15	=
Uranus	4,2	=

Dauer der Umdrehung der Sonne und der Planeten um ihre Axen.

Sonne	.	25 Tag.	12 St.	0 M.	0 Sec.
Merkur	.	1 =	0 =	4 =	0 =
Venus	.	0 =	23 =	21 =	19 =
Erde	. .	1 =	0 =	0 =	0 =
Mond	.	27 =	7 =	44 =	0 =
Mars	.	1 =	0 =	39 =	22 =
Vesta	.	unbekannt.			
Juno	.	unbekannt.			
Ceres	.	unbekannt.			
Pallas	.	unbekannt.			
Jupiter	.	0 =	9 =	56 =	37 =
Saturn	.	0 =	10 =	16 =	2 =
Uranus	.	unbekannt.			

Siderische Umlaufszeiten der Planeten.

Merkur	.	87 Tag.	23 St.	14 M.	30 Sec.
Venus	.	224 =	16 =	41 =	27 =
Erde +.	.	365 =	5 =	48 =	49 =
Mars	.	686 =	23 =	30 =	41 =
Vesta	3 Jah.	66 =	4 =	0 =	0 =
Juno	4 =	128 =	0 =	0 =	0 =
Ceres	4 =	220 =	2 =	0 =	0 =
Pallas	4 =	220 =	16 =	0 =	0 =
Jupiter	11 =	315 =	12 =	30 =	0 =
Saturn	29 =	161 =	4 =	27 =	0 =
Uranus	83 =	29 =	8 =	39 =	0 =

Jährliche Parallaxen.

Merkur	126°	14′
Venus	139	9
Mond	27	1

+ die trop. Umlaufszeit der Erde ist 365 T. 5 St. 48 Min. 51,6 Sek. u. wegen des Zurückweichens der Aequinoctialpunkte ist sie kleiner, als die siderische um 20 Min. 19,88 Sek. also die siderische beträgt 365 T. 6 St. 9 Min. 11,48 Sek. Bohnenberger's Astronomie pag 83. oder auch [illegible] 143.

Mars	18°	6′
Jupiter	9	59
Saturn	5	42
Uranus	2	55

Neigung der Bahn gegen die Ekliptik.

Merkur	7°	0′
Venus	3	24
Mond	5	9′
Mars	1	51
Vesta	7	8
Juno	13	4
Ceres	10	37
Pallas	34	35
Jupiter	1	18
Saturn	2	30
Uranus	0	46

Neigung der Axe gegen die Bahn.

Sonne	82°	50′
Merkur	—	—
Venus	15	—
Erde	66	52
Mond	88	50
Mars	61	33
Vesta	unbekannt.	
Juno	unbekannt.	
Ceres	unbekannt.	
Pallas	unbekannt.	
Jupiter	89°	43′
Saturn	60	—
Uranus	—	—

Durchlaufene Räume in einer Minute

Merkur	635	Meilen
Venus	485	„
Erde	412	„
Mond	14	„
Mars	329	„
Vesta	— 306.?	„
Juno	— 250.?	„
Ceres	— 248.?	„
Pallas	— 248.?	„
Jupiter	178	„
Saturn	132	„
Uranus	93	„

Achte Vorlesung.

Die Keplerschen Gesetze.

Bei der bisherigen Betrachtung der Planeten begnügten wir uns damit, daß wir sagten, sie beschrieben um die Sonne mehr oder weniger längliche Ellipsen; allein die Mittel, wie man ihre Bahnen bestimmt, müssen wir erst noch angeben, so wie die Beschaffenheit dieser Bahnen näher aus einander setzen.

Die Ebenen der Planetenbahnen bilden alle mit der Ekliptik größere oder kleinere Winkel und sie schneiden sie daher alle in zwei gerade entgegengesetzten Punkten. Die Linie, welche diese beiden Punkte verbindet, heißt die Knotenlinie, weil diese Punkte selbst die Knoten heißen.

Ein Beobachter auf der Sonne könnte den Augenblick leicht bestimmen, in welchem der Planet durch einen seiner Knoten geht; denn dieses würde der Fall seyn, wenn er den Planeten auf der durch den Mittelpunkt der Sonne und durch die Knoten gehenden Linie erblickte, oder wenn er fände, daß die Breite des Planeten Null wäre, und auf diese Weise würde er finden, ob die Längen der Knoten in diesem Augenblick einander gleich, oder um 180° verschieden wären und ob die Knoten immer demselben Punkte der Ekliptik entsprächen. Einem Beobachter auf der Erde, der sich also nicht im Mittelpunkte der Bewegungen der Planeten befindet, erscheinen diese Knoten nicht in zwei entgegengesetzten Punkten der Himmelskugel, weil die Knotenlinie in Folge der Bewegung der Sonne in ihrer Bahn successive verschiedene Neigungen annimmt und die Knoten würden sich folglich zu bewegen scheinen, wenn gleich dies nicht der Fall wäre. Es gibt jedoch zwei Lagen des Planeten, in welcher wir ihn von der Erde aus in derselben Richtung sehen, in welcher er von der Sonne aus gesehen erscheint, nämlich, wenn seine Breite Null ist und wenn er zugleich mit der Sonne in Conjunction oder in Opposition ist, oder wenn wir den Planeten auf derselben Stelle des Himmels sehen, als die Sonne; d. h. wenn die Erde, die Sonne und der Planet in derselben geraden Linie liegen, welches offenbar die Knotenlinie ist. Mehrere solcher Beobachtungen, welche freilich selten möglich sind, zeigen alsdann, ob die Knoten immer dieselbe heliocentrische,

d. h. von der Sonne aus gesehene Länge haben, und bestimmen die Lage der Knoten.

Nachdem die Knoten der Planetenbahn bestimmt sind, ist noch ihre Neigung gegen die Ekliptik zu bestimmen. Zu dem Zwecke beobachtet man den Planeten so lange, bis die Sonne dieselbe Länge hat, als der Planet und alsdann bestimmt man nach den Beobachtungen die geocentrischen Breiten desselben und leitet daraus die Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik durch eine leichte trigonometrische Rechnung ab. Ist die Lage der Ebene der Planetenbahn bestimmt, so kommt es nur noch darauf an, das Gesetz der Bewegung des Planeten und die Form seiner Bahn zu bestimmen. Dieses alles würde sich leicht bewerkstelligen lassen, wenn man die Länge der vor dem Mittelpunkte der Sonne nach dem Planeten gezogenen Linie, welche Radiusvector genannt wird, so wie den Winkel, welchen dieser Radiusvector mit einer in der Ebene der Planetenbahn liegenden und durch den Mittelpunkt der Sonne gehenden festen geraden Linie macht, bestimmen könnte.

Das erste zu bestimmende Element ist die Dauer eines ganzen siderischen Umlaufs des Planeten um die Sonne. Das einfachste und directeste Mittel zu diesem Zweck besteht darin, daß man die Zeit bestimmt, innerhalb welcher der Planet zweimal durch denselben Knoten geht.

Ist die mittlere Bewegung des Planeten bekannt, so muß noch die Winkelbewegung des Planeten um die Sonne und die entsprechende Entfernung desselben von ihr durch Beobachtung bestimmt werden. Hierzu sind besonders die

Conjunctionen und Oppositionen brauchbar. Denn in diesen Lagen entspricht die vom Mittelpunkte der Erde nach dem Planeten gezogene gerade Linie demselben, oder einem gerade entgegengesetzten Punkte der Ekliptik, als die vom Mittelpunkt der Sonne nach dem Planeten gezogene gerade Linie, und wir beziehen daher den Planeten, von der Erde aus gesehen, auf denselben, oder auf den entgegengesetzten Punkt der Ekliptik, auf welchen wir ihn, von der Sonne aus gesehen, beziehen würden. In beiden Fällen wird die heliocentrische, d. h. von der Sonne aus gesehene Länge durch die Beobachtung der geocentrischen, oder von der Erde aus gesehenen Länge bestimmt; denn in den Conjunctionen sind diese beiden Längen einander gleich, während sie in den Oppositionen um 180° verschieden sind, und da die Lage der Bahn gegen die Ekliptik, so wie die Lage der Knoten bekannt ist, so findet man durch eine einfache Rechnung die Entfernung des Planeten von seinem Knoten und die Entfernung desselben von der Sonne durch die bekannte Entfernung der letztern von der Erde. Da die Opposition und Conjunction der Planeten nach einander in verschiedenen Punkten des Himmels statt finden, so entsprechen sie auch nicht immer denselben Punkten ihrer Bahnen und man kann daher durch mehrere solcher Beobachtungen die Form der Planetenbahn bestimmen.

Hat man auf diese Weise die Planetenbahnen gezeichnet, so ergibt sich:

1) daß sich die Planeten alle in Ellipsen bewegen, wovon die Sonne einen Brennpunkt einnimt;

2) daß die Bewegung des Planeten desto schneller, je näher er der Sonne ist und zwar so, daß der Radiusvector immer in gleichen Zeiten gleiche Flächen beschreibt;

3) daß sich die Quadrate der Umlaufszeiten wie die Würfel der großen Axen der Planetenbahnen verhalten.

Dieses sind die drei Keplerschen Gesetze, welche der ganzen Astronomie zur Grundlage dienen. Wir werden sogleich sehen, daß sie auch das Gesetz der allgemeinen Anziehung (Schwere) enthalten. Diese wichtigen Gesetze, welche für alle Planeten bestätigt sind, sind so genau, daß man die Entfernungen der Planeten von der Sonne aus der Dauer ihrer siderischen Umläufe abgeleitet hat und man begreift leicht, daß diese Bestimmungsart der Entfernungen eine sehr große Genauigkeit gestattet; denn es ist immer leicht, die Zeit genau zu bestimmen, nach welcher jeder Planet zu demselben Punkte des Himmels zurückkehrt, während es viel schwieriger ist, die Entfernung des Planeten von der Sonne direct zu bestimmen.

Allgemeine Attraction (Anziehung).

Die Keplerschen Gesetze, welche der Astronomie so große Dienste leisten, indem sie die merkwürdigen Beziehungen ausdrücken, welche zwischen den Bewegungen der Himmelskörper statt finden, mußten die Astronomen zur Aufsu-

chung der Ursachen dieser Bewegungen veranlassen. Diese Entdeckung war dem Scharfsinn Newtons vorbehalten. Wir wollen hier nicht umständlich erzählen, auf welche Weise er, indem er über die Ursache nachdachte, durch welche ein Apfel zu seinen Füßen fiel, dahin gelangte, ihre Wirkungssphäre bis zu den Sternen zu erstrecken. Auch können wir uns nicht in die Rechnungen einlassen, durch welche dieses allgemeine Gesetz dargethan wird; sondern wir beschränken uns blos darauf, die Folgerungen anzuführen, welche aus den Keplerschen Gesetzen abgeleitet sind.

Da die vom Radiusvector beschriebenen Flächen den Zeiten proportional sind, so leitete Newton vermittels der Rechnung daraus die Folgerung ab, daß die Kraft, welche die Planeten in ihren Bahnen bewegt, nach dem Mittelpunkte der Sonne gerichtet ist.

Daraus, daß die Planetenbahnen Ellipsen sind, in deren einem Brennpunkte sich die Sonne befindet, schloß er, daß die Kraft, welche die Planeten in ihren Bahnen bewegt, im umgekehrten Verhältniß der Quadrate ihrer Entfernungen von der Sonne steht.

Endlich schloß er daraus, daß die Quadrate der Umlaufszeiten der Planeten sich wie die Würfel der großen Axen ihrer Bahnen verhalten, daß die Kraft der Masse proportional ist.

Aus allen diesen Resultaten folgt, daß die Sonne der Mittelpunkt einer Anziehungskraft ist, welche nach den eben angeführten Gesetzen wirkt.

Newton, welcher von der Anziehung ausging, welche die Erde auf alle Körper auf ihrer Oberfläche ausübt und sie darauf bis zum Monde ausdehnte, mußte nach der Analogie schließen, daß die übrigen Planeten, welche ihre Trabanten ebenfalls in ihren Bahnen erhielten, wie die Erde, eine anziehende Kraft besitzen müssen und daß es eine Kraft derselben Art seyn müsse, vermöge welcher alle Körper des Sonnensystems sich um die Sonne bewegen.

Es haben also alle Körper, welche sich um die Sonne bewegen, wie sie, eine Anziehungskraft und wenn man nach der Analogie noch weiter geht, so gelangt man zu dem allgemeinen Resultate, daß sich alle materiellen Bestandtheile nach dem directen Verhältniß der Massen und nach dem umgekehrten Verhältniß der Quadrate der Entfernungen gegenseitig anziehen.

Da aber die Anziehungskraft, wenn sie allein vorhanden wäre, alle Naturkörper in eine Masse vereinen würde, so nahm Newton an, daß alle Himmelskörper durch irgend eine Kraft eine ursprüngliche geradlinige Geschwindigkeit erhalten hätten, und aus der Verbindung dieser beiden Kräfte entsteht alsdann eine krummlinige Bewegung.

Denn es sey A Fig. 29. Taf. 2. ein nach der geraden Linie A B X in den leeren Raum geworfener Körper, wo er keinen Widerstand erleidet, welcher seine einmal erhaltene Geschwindigkeit verminderte, so wird er sich beständig

mit derselben Geschwindigkeit und in derselben Richtung fortbewegen. Aber wenn er in B angelangt ist und nun von dem Punkte S mit einer auf seiner Bahn senkrechten Kraft angezogen wird, so wird er aus der geraden Linie A B X herausgehen und irgend eine andere Linie beschreiben. Soll diese Linie ein Kreis seyn, so muß er von dem Punkte S immer so stark angezogen werden, daß er sich in derselben Zeit respective um die Weiten b b′, c c′, X Y von seiner ursprünglichen Richtung entfernt, in welcher er durch die geradlinige Bewegung allein die Wege B b′, B c′, B X zurücklegen würde.

Man kann sich unter A einen Planeten und unter S die Sonne denken.

Wenn aber die Anziehungskraft der Sonne größer wäre, als im vorhergehenden Fall und der Planet z. B. von B nach 1 gezogen würde, während er sich in Folge der Wurfgeschwindigkeit von B nach b bewegte, so würde der Planet keinen Kreisbogen, sondern den Bogen B C beschreiben. In C ist die Anziehungskraft, welche im umgekehrten Verhältniß des Quadrats der Entfernung abnimmt, noch größer, als in B und der Planet wird folglich schon aus diesem Grund in derselben Zeit successive immer größere Bogen B C, C D, D E, E F durchlaufen; aber seine Geschwindigkeit nimmt auch aus dem Grunde zu, weil die Tangentialkraft und die Anziehungskraft immer kleinere Winkel mit einander bilden und folglich nach einer gemeinschaftlichen Richtung zu wirken streben. Die Geschwindigkeit des Planeten ist also im Punkte K am größten und zwar so groß

daß der Planet weder auf die Sonne S fällt, noch sich in dem Kreise KLMN um sie bewegt. Aber seine Geschwindigkeit nimmt von K bis B in der andern Hälfte seiner Bahn eben so wieder ab, wie sie vorhin zunahm, von B bis K, weil die Anziehung der Sonne seiner fortschreitenden Bewegung entgegenwirkt. Ist der Planet in B wieder angelangt, so hat er die von B bis K gewonnene Geschwindigkeit von K bis B wieder verloren und er beschreibt nun seine Bahn wie vorhin. Hierin besteht die Wirkung der allgemeinen Attraction und es gibt keine Störung in den Bewegungen der Himmelskörper, welche sich nicht durch sie erklären ließe, wie klein sie auch seyn mag. Die Astronomen verlassen sich auf das Gesetz der allgemeinen Anziehung so sehr, daß sie, wenn die Beobachtungen nicht mit den Resultaten der darauf gegründeten Rechnungen übereinstimmen, die Abweichung einem vorgefallenen Fehler zuschreiben, und in der That zeigt sich ein solcher Grund immer, wenn dergleichen Differenzen vorkommen.

Massen der Planeten.

Vermittels des Gesetzes der allgemeinen Anziehung hat man auch die Massen und Dichtigkeiten der Sonne und der Planeten bestimmt, welche wir oben schon angeführt haben. Denn da die Geschwindigkeit der Bewegungen der Trabanten von der Anziehungskraft der Planeten abhängt und die letztere der Masse derselben proportional ist, so kann man diese Massen aus ihren Geschwindigkeiten ableiten. Wenn der Planet keinen Trabanten hat, so wird seine

Masse durch die Störungen bestimmt, welche er auf andere Himmelskörper ausübt.

Ist die Masse und das Volumen der Himmelskörper einmal bekannt, so wird ihre Dichtigkeit erhalten, wenn man die Masse durch das Volumen dividirt.

Cavendish hat die Masse der Erde durch ein anderes Verfahren bestimmt, welches sich aber auch auf das Princip der allgemeinen Anziehung gründet. Er hing an einem Faden eine leicht bewegliche Nadel in ihrem Schwerpunkt auf, an deren Enden sich zwei kleine metallene Kugeln befanden. Nun brachte er eine große Bleikugel in die Nähe der Nadel, welche eine Anziehung auf sie ausübte, so daß die Nadel Schwingungen machte, deren Dauer er bestimmte. Dann verglich er diese Schwingungen mit denen des Pendels, welche durch die Anziehung der Erde hervorgebracht werden, leitete daraus das Verhältniß der Anziehungskraft der Bleikugel zu der Schwerkraft ab und fand so das Verhältniß der Masse der Bleikugel zu der der Erde.

Neunte Vorlesung.

Die Erde ♁.

Wenn wir, indem wir von den Planeten handelten, die Erde nicht an dem gehörigen Orte betrachteten, so geschah dies deswegen, daß wir zuvor die zu einer vollständigern Untersuchung durchaus nothwendigen Begriffe erst erlangen wollten und wir wollen nun successive die Form,

Größe und Bewegung der Erde näher untersuchen.

Figur der Erde.

Durch die Sinne getäuscht, hielten die Menschen die Erde lange Zeit für eine unbegrenzte Ebene; aber nach und nach wurde dieser Irrthum durch die Beobachtungen aufgehoben. Man bemerkte in den östlichen Plattländern, daß man von entfernten hohen Gegenständen, wenn man sich ihnen näherte, Anfangs nur die Spitze erblickte, dann die weniger hohen Theile und endlich den untersten Theil, welchen man zuletzt wahrnahm. Diese Erscheinung konnte nicht von den Unebenheiten des Bodens, oder irgend welchen andern besondern Umständen herrühren; denn man bemerkte sie in allen Richtungen, und sie war desto merklicher, je reiner die Atmosphäre war. Diese Erscheinung zeigte sich aber auch auf dem Meere und hier war sie noch entscheidender, denn da kamen weder Ungleichheiten noch Hindernisse vor und die Oberfläche des Meeres muß nothwendig, wenn es still ist, die wahre Oberfläche der Erde haben. Jeder weiß, daß, wenn sich ein Schiff von der Küste entfernt, seine untern Theile zuerst verschwinden, dann die höher liegenden und zuletzt die Spitze des Mastbaums. Die Schiffer dagegen sehen, wenn sie sich dem Hafen nähern, zuerst die Spitzen der höchsten Gegenstände und ihre niedrigern Theile erst successive, je mehr sie sich nähern. Die Erde muß also eine nach allen Richtungen gekrümmte und folglich kugelförmige Gestalt haben. Seitdem ist die kugelförmige Ge-

stalt der Erde auch durch Umschiffung derselben, wobei man in der entgegengesetzten Richtung wieder zu dem Orte gelangte, von welchem man ausfuhr, durch astronomische Beobachtungen, durch die kreisförmige Gestalt des Erdschattens auf der Mondscheibe bei ihren Finsternissen und endlich durch Messungen, welche zur Bestimmung der Größe der Erde dienen, so wie durch die Richtung des Bleiloths an verschiedenen Orten dargethan. Die Erde hat also eine fast kugelförmige Gestalt, wir sagen fast, denn wir werden bald sehen, daß sie unter den Polen abgeplattet und unter dem Aequator erhaben ist. Hiervon überzeugt man sich, wenn man ihre Dimensionen zu bestimmen sucht und später werden wir sehen, daß diese Form in der That eine nothwendige Folge ihrer Umdrehung um ihre Axe ist.

Dimensionen der Erde.

Da die Erde fast die Form einer Kugel hat, so erhielten wir, wenn wir nur die Länge eines einzigen Grades eines größten Kreises könnten, den ganzen Umfang derselben, wenn wir jene Länge mit 360 multiplicirten, und folglich ließe sich auch der Durchmesser, die Oberfläche und das Volumen der Erde bestimmen.

Es kommt also blos darauf an, die Länge eines Grades auf der Erde zu bestimmen, und um dieses auf eine praktische Weise zu bewerkstelligen, hat man folgendes Verfahren angewandt: Man hat auf der Erde einen solchen Längenraum angenommen, daß die an den beiden Endpunkten desselben vermittels des Blei-

loths bestimmten Normalen zwei Sternen entsprechen, welche um einen Grad von einander entfernt sind, und man hat auf diese Weise auch einen Grad auf der Erde. Man begreift, daß man eben sowohl einen größern oder kleinern Abstand als einen Grad nehmen kann und eine einfache Proportion würde immer die Länge eines Grads geben. Es ist also blos eine solche Basis genau zu messen und diese Messung ist durch trigonometrische Methoden, welche wir hier nicht beschreiben können, mit einer unglaublichen Genauigkeit ausgeführt.

Diese praktische Bestimmung der Erdgrade hat die Abplattung der Erde unter den Polen und ihre Erhabenheit unter dem Aequator bestätigt. Denn der Grad oder der Raum, welchen man zwischen zwei Verticalen durchlaufen muß, deren Richtungen einen Winkel von einem Grade bilden, ist nicht unter allen Breiten gleich lang. Er ist desto länger, je mehr man sich den Polen nähert und unter dem Aequator ist er am kleinsten, welches offenbar eine Abplattung unter den Polen und nicht eine Erhöhung, wie man Anfangs irrigerweise glaubte, anzeigt.

Die Größe dieser Abplattung wurde durch diese Messungen gleich $\frac{1}{306}$ gefunden, d. h. der Polardurchmesser ist um $\frac{1}{306}$ kleiner, als der Aequatorialdurchmesser. Die Erhabenheit unter dem Aequator hat eine Dicke von 5 Meilen. Die Abplattung läßt sich auch aus der Bewegung des Monds mit einer noch größern Genauigkeit, als durch diese directen Messungen, ableiten. Die allgemeine Schwere hat auch das Mittel an die Hand gegeben, die Abplattung

der Erde durch die Schwingungen des Pendels, welche sich in den verschiedenen Punkten der Erdoberfläche mit der Größe der Schwerkraft ändern, zu bestimmen. Man hat auf diese Weise für die Dimensionen der Erde folgende Werthe in Meilen, jede zu 2280 Toisen, gefunden:

	Meilen od.	Toisen.
Halber Durchmesser d. Aequators	1435	3,271,864
Halber Polardurchmesser .	1430	3,261,265
Erdhalbmesser unter der Breite von 45°	1432	3,266,611
Abplattung	4,65	10600
Länge eines Grads d. Meridians in der Mitte zwischen dem Pol und dem Aequator genommen	25	57000
Vierter Theil des Pariser Merid.	2250,3	5,130,740

Die ganze Oberfläche der Erde beträgt 25,790,440 Quadratmeilen, wovon drei Viertel durch das Meer bedeckt sind und kaum die Hälfte des festen Landes bewohnt ist, d. h. ungefähr 3 Millionen Quadratmeilen.

Bei diesen Angaben der Dimensionen der Erde sind die Unebenheiten ihrer Oberfläche unberücksichtigt geblieben. In der That können die höchsten Berge gegen die ganze Erde als unmerklich angesehen werden und die Oberfläche der Erde kann, ungeachtet ihrer Unebenheiten, verhältnißmäßig als viel gleichförmiger wie die Oberfläche einer Orange angesehen werden.

Bewegung der Erde.

Nachdem die Kugelgestalt der Erde nachgewiesen ist und ihre Dimensionen gefunden sind, wollen wir uns mit ihrer Bewegung beschäftigen.

Zuerst wollen wir zeigen, daß sie sich um sich selbst dreht und dann, daß sie auch eine fortrückende Bewegung im Raume hat.

Tägliche Umdrehung der Erde.

Die ganze Himmelskugel scheint sich in 24 Stunden um die Erde zu drehen; ist aber diese Bewegung eine wirkliche oder nur eine scheinbare?

Wenn wir die Erde nicht blos mit den Weltkörpern unsers Planetensystems vergleichen, sondern auch mit der unendlichen Menge von Sternen, welche, wie wir gesehen haben, nichts anders sind, als Sonnen, die eben so groß als die unsrige und wahrscheinlich eben so viele Mittelpunkte von Planetensystemen sind, so sehen wir, daß sie gegen diese großen Massen nur ein unmerklich kleiner Punkt ist, und es würde ohne Zweifel sehr auffallend erscheinen, wenn ein Atom der Centralpunkt wäre, um welchen sich so große Körper bewegen müßten. Noch auffallender wäre es, wenn man erwägt, daß diese Körper sich mit einer außerordentlichen Geschwindigkeit bewegen müßten, wenn sie in einer so kurzen Zeit so unermeßliche Kreise durchlaufen müßten; und da diese Geschwindigkeit mit der Entfernung zunehmen müßte, so müßte man nothwendig annehmen, daß die Erde die Sterne mit einer desto größern Kraft anzöge, je weiter sie von ihr entfernt sind, welches offenbar ungereimt ist.

Man ist daher genöthigt, die Meinung, welche zu dieser falschen Folgerung geführt hat, zu verwerfen und man muß sich daher die Frage stellen, ob diese scheinbare Umdrehung des Himmels nicht vielleicht die Wirkung einer Sinnes-

täuschung seyn kann? Man wird daher auf die Annahme der Bewegung der Erde geführt und ist diese Voraussetzung einmal gemacht, so lassen sich die Erscheinungen genau und leicht erklären.

In der That, da wir an der Bewegung der Erde Theil nehmen, so halten wir uns für unbeweglich, während uns die Sterne in der entgegengesetzten Richtung, in welcher wir uns bewegen, sich zu bewegen scheinen. Aus demselben Grunde glauben wir, wenn wir uns in einem schnell bewegten Wagen oder Schiff befinden, daß sich die Gegenstände in der Umgebung mit einer desto größern Geschwindigkeit bewegen, je näher sie uns sind; und so wie wir die Bewegungen des Schiffs nicht bemerken, wenn wir es nicht mit äußern Gegenständen vergleichen, eben so bemerken wir auch die Bewegungen der Erde nicht, welche niemals auf ein Hinderniß in dieser Bewegung stößt.

Nachdem wir die Umdrehung der Erde durch die natürliche und leichte Erklärung der Erscheinungen höchst wahrscheinlich gemacht und die offenbare Ungereimtheit der entgegengesetzten Meinung dargethan haben, so ist blos noch übrig, sie direct zu beweisen.

Man hat behauptet, daß, wenn sich die Erde drehte, ein in die Luft geworfener Körper hinter den Ort, von welchem er ausging, fallen müßte und daß ein von einem Thurm herab dem freien Fall überlassener Stein nicht an den Fuß desselben fallen könnte, weil sich die Erde während der Fallzeit weiter bewegt habe. Dieses ist jedoch ein Irrthum: denn die Erfahrung zeigt, daß ein geworfener Körper an der Bewegung Theil

nimmt, welche derjenige hat, der den Stein wirft. Aus diesem Grunde bekommt jemand, der sich auf einem Schiffe befindet und einen Körper senkrecht in die Luft wirft, den Körper wieder in die Hände und er glaubt, denselben senkrecht geworfen zu haben, während er ihn in schiefer Richtung nach vorn geworfen hat, wie man vom Ufer aus sehen kann.

Jedermann weiß, daß ein von der Spitze des Mastbaums eines Schiffs fallender Stein an den Fuß desselben fällt, wie wenn das Schiff in Ruhe wäre und daß der Wassertropfen aus einer oben umgekehrten Flasche wieder in eine genau darunter befindliche fällt, obgleich das Schiff während der Fallzeit jedes Tropfens mehrere Fuße durchlaufen hat.

Aber die Umdrehung der Erde läßt sich auch noch auf folgende Weise streng darthun. Wenn nämlich zwei Körper in derselben Zeit zwei ungleiche Kreise durchlaufen, so muß der, welcher den größten durchläuft, sich schneller bewegen, als der andere. Wir wollen daher annehmen, daß man von einem sehr hohen Thurm einen Körper frei fallen lasse. Da dann die Spitze des Thurms einen größern Kreis durchläuft, als der Fuß desselben, weil sie von der Umdrehungsaxe weiter entfernt ist, so hat sie auch eine schnellere Bewegung und theilt sie dem Körper mit, welchen man fallen läßt, so daß dieser nicht nach der Richtung des Bleiloths fällt, sondern gegen Osten davon abweicht. Dieses wird durch Versuche auf die überzeugendste Weise dargethan.

Ein andrer Beweis für die Umdrehung der Erde beruht auf der Fortpflanzung des Lichts.

Ehe wir aber zu demselben übergehen können, müssen wir darthun, daß sich das Licht nicht augenblicklich bewegt, sondern daß es eine gewisse Zeit gebraucht, um einen bestimmten Raum zn durchlaufen.

Gallilei wollte dieses durch Versuche ausmitteln, zu welchem Zweck er eine mit einem Schirm versehene Laterne erdacht hatte, woran man den Schirm so fallen lassen konnte, daß er das Licht augenblicklich auffing. Er begab sich nun mit einer solchen Laterne auf die Spitze eines Bergs, während sich eine andre Person mit einer ähnlichen Laterne auf eine benachbarte Anhöhe stellte. Gallilei hatte ihr den Befehl gegeben, den Schirm an ihrer Laterne in demselben Augenblicke fallen zu lassen, in welchem sie das Licht seiner Laterne verschwinden sähe. Er dachte, daß, wenn sich das Licht nur progressiv fortbewegte, zwischen dem Augenblick, in welchem sein Schirm und der der andern Person fiel, eine gewisse Zeit verfließen müßte. Allein er täuschte sich; die beiden Lichter verschwanden in demselben Augenblick und hieraus schloß er, daß sich das Licht momentan fortbewege. Wir wollen aber zeigen, daß dieser Irrschluß nur in der zu geringen Entfernung beider Beobachtungsorte ihren Grund hatte.

Es sey S Fig. 15 Taf. 1 die Sonne, T die Erde, J der Jupiter im Augenblicke der Opposition und J' der Jupiter im Augenblicke der Conjunction. Wenn man zwei Verfinsterungen eines Jupiterstrabanten beoachtet, nämlich die eine in der Opposition, die andre in der Conjunction, und wiederholt alsdann dieselbe Opera-

tion in umgekehrter Ordnung, d. h. man beobachtet eine Verfinsterung in der Conjunction und die andre in der Opposition, so ist die Zeit, welche zwischen den beiden ersten Verfinsterungen verflossen ist, größer, als die zwischen den beiden letzten und der Unterschied beträgt 16′ 26″. Dieser Unterschied kann nun aber nichts anders seyn, als die Zeit, welche das Licht gebraucht, um von T′ nach T zu kommen und da die Beobachtungen in umgekehrter Ordnung gemacht sind, so drückt der Unterschied 16′ 26″ die Zeit aus, welche das Licht gebraucht, um die große Axe der Erdbahn, welche 68,000,000 Meilen beträgt, zu durchlaufen. Das Licht bewegt sich also mit einer Geschwindigkeit von ungefähr 70,000 Meilen in einer Secunde.

Römer, welcher die Geschwindigkeit des Lichts entdeckt hat, wurde übrigens durch den Umstand darauf geführt, daß die Verfinsterungen der Jupiterstrabanten zur Zeit der Conjunction des Jupiters mit der Sonne 8′ 13″ später und zur Zeit der Opposition 8′ 13″ früher statt fanden, als es nach astronomischen Berechnungen hätte der Fall seyn sollen.

Nachdem so die progressive Fortpflanzung des Lichts bewiesen ist, so wollen wir daraus unsern Beweis für die Umdrehung der Erde ableiten.

Wenn die Erde unbeweglich ist, so können wir die Sterne nicht in dem Augenblick in den Horizont oder Meridian treten sehen, in welchem dieses wirklich der Fall ist, sondern erst nach der Zeit, welche das von ihnen ausgehende Licht gebraucht, um zu uns zu gelangen.

Wenn sich dagegen die Erde dreht, so muß man die Sterne in demselben Augenblick im Ho-

rizont oder Meridian sehen, in welchem sie wirklich hineintreten. Denn durch die Umdrehung der Erde kommt das Auge in die Richtung der von den Sternen eine größere oder geringere Zeit früher ausgegangenen Lichtstrahlen und sie gelangen in diesem Augenblicke zu den Punkten des Raums, durch welchen unser Horizont geht. Nun sehen wir aber die Sterne in demselben Augenblick in dem Horizont oder Meridian, in welchem sie sich in diesen Lagen befinden. Dieses erhellt daraus, daß die Durchgänge des Mars z. B. durch den Meridian immer früher oder später eintreten würden, je nachdem sich dieser Planet uns nähert oder von uns entfernt, wenn wir ihn nicht in demselben Augenblick in den Meridian treten sähen, in welchem dieses der Fall ist. Dieses bemerkt man aber nicht und die Erde muß sich daher um ihre Axe drehen.

Da die Erde fast 9000 Meilen im Umfang hat, so durchlaufen die verschiedenen Punkte des Aequators in 24 Stunden einen Kreis von dieser Größe, d. h. fast $\frac{1}{10}$ Meile in der Secunde, welches die Geschwindigkeit einer Kanonenkugel ist.

Da sich die Erde um ihre Axe dreht, so haben ihre verschiedenen Theile, wie alle Körper, welche eine solche Bewegung haben, eine Centrifugalkraft (Fliehkraft), deren Stärke nach der Erfahrung und Rechnung im geraden Verhältniß des Quadrats der Geschwindigkeiten der Kreisbewegungen stehen. Hieraus folgt, daß die Centrifugalkraft unter dem Aequator am größten ist, während sie unter den Polen Null ist. Die Schwerkraft ist also unter dem Aequator geringer, als unter den Polen, wie auch die Schwin-

gungen des Pendels beweisen, wenn man es von dem einen dieser beiden Orte nach dem andern bringt. Allein dieser Unterschied der Schwerkraft, welcher sich auf diese Weise ergibt, rührt nicht blos von der Wirkung der Centrifugalkraft her: denn wir haben gesehen, daß die Punkte unter dem Aequator weiter von dem Mittelpunkte der Erde entfernt sind, als die unter den Polen und daß die Anziehung im umgekehrten Verhältniß des Quadrats der Entfernungen wirkt.

Wir können nun auch leicht den Grund angeben, weswegen die Erde unter den Polen abgeplattet und unter dem Aequator erhaben ist.

Die Erde ist, wie alle Planeten, ursprünglich flüssig gewesen, wenigstens wird diese Meinung sowohl durch die Beobachtungen, als durch die Theorie bestätigt und sie ist jetzt allgemein angenommen. Geben wir nun der Erde eine drehende Bewegung um ihre Axe AB Fig. 16 Taf. 1, so haben die Bestandtheile derselben, welche sich auf der Axe AB befinden, keine Centrifugalkraft und verlieren folglich nichts von ihrem Gewicht. Die Theile dagegen, welche in der Linie BC liegen, haben eine solche und sie hebt einen Theil ihrer Schwere auf, so daß sie verhältnißmäßig leichter werden und zur Erhaltung des Gleichgewichts eine größere Menge derselben erforderlich ist.

Es läßt sich leicht durch einen Versuch zeigen, daß die Geschwindigkeit einer drehenden Bewegung ein abgeplattetes Sphäroid, wie das der Erde, hervorbringt. Denn nimmt man zwei Streifen von Pappe oder andern biegsamen Stoffen, krümmt sie im Kreise und dreht diese um

eine Axe, wie in Fig. 24 Taf. 1, mittels einer Kurbel, so erniedrigen sich ihre Pole an der Drehungsaxe und an den Seiten dehnen sie sich aus, wenn sie sich längs der Axe bewegen können und nicht ganz fest damit verbunden sind.

Jährliche Bewegung der Erde.

Wir haben eben gesehen, daß sich die Erde in 24 Stunden um sich selbst dreht und daß die scheinbare Umdrehung der Himmelskugel nur eine Täuschung ist. Wir haben nun noch zu untersuchen, ob die jährliche Bewegung der Sonne reell oder ob sie auch nur scheinbar ist und in der fortrückenden Bewegung der Erde ihren Grund hat. Denn wir haben gesehen, daß wir uns auf unsere Sinne nicht immer verlassen können.

Wir wollen diese Bewegung zuerst beschreiben. Wenn man die Sonne täglich beobachtet, so bemerkt man, daß sie alle 24 Stunden ungefähr um 1° nach Osten fortrückt. Nun entsprechen aber einem Grade 4 Minuten Zeit und die Sonne kommt folglich jeden Tag 4 Minuten später in die Ebene des Meridians, so daß sie nach 90 Tagen 6 Stunden später in den Meridian tritt, als der Stern, mit welchem sie Anfangs zugleich hinein trat. Nach 180 Tagen sind beide Gestirne zu gleicher Zeit in der Ebene des Meridians, aber das eine in dem obern und das andre in dem untern Meridian, und endlich nach $365\frac{1}{4}$ Tagen befinden sie sich zu gleicher Zeit im Meridian. Die Linie, welche die Sonne in dieser Bewegung beschrieben hat, ist die Ekliptik, deren Ebene gegen die des Aequators eine Neigung von 23° 28′ hat. Die höchsten Punkte

der Ekliptik werden die Sonnenstillstands-punkte genannt, weil die Sonne in ihnen still zu stehen scheint und die Punkte, in welchen die Ekliptik den Aequator schneidet, heißen Aequinoctialpunkte, weil, wenn die Sonne in ihnen steht, Tag und Nacht gleich sind, was zweimal im Jahre der Fall ist.

Dieses ist der Lauf, welchen die Sonne innerhalb des Zeitraums eines Jahrs zu befolgen scheint. Ist aber diese Bewegung reell und ist es nicht vielmehr die Erde, welche die Ekliptik durchläuft und die angeführten Erscheinungen veranlaßt?

Wenn man nach der Analogie schließt, so zeigt sich, daß es weit natürlicher ist, anzunehmen, daß sich die Erde fortbewegt, welcher nur noch diese Bewegung fehlt, um zu den Planeten zu gehören, als daß man sich die Sonne mit dem ganzen Gefolge ihrer Planeten, gegen die Gesetze der Anziehung, um die Erde bewegen läßt. Aber diese schon so hohe Wahrscheinlichkeit der fortrückenden Bewegung der Erde erlangt den höchsten Grad der Gewißheit, wenn wir aus der Beobachtung der Erscheinungen, welche sie so natürlich erklärt, Beweise ableiten, die alle Zweifel heben.

Wie sollte man sich in der That bei der Annahme der Unbeweglichkeit der Erde das Stillstehen und das Zurückgehen der Planeten erklären und wie viel natürlicher wird diese Erklärung nicht in der entgegengesetzten Voraussetzung?

Wir haben, indem wir von den Planeten sprachen, gesehen, daß sich diese Himmelskörper bald von Abend gegen Morgen, bald von Mor-

gen gegen Abend zu bewegen und sogar zuweilen still zu stehen scheinen. Wir wollen nun annehmen, daß die Erde sich in der Ekliptik bewege, und sehen, wie sich diese Erscheinungen in dieser Voraussetzung erklären lassen. Es sey S Fig. 17 Taf. 1 die Sonne, T die Erde und M z. B. der Mars. Da sich die Erde schneller bewegt, als der Mars, so wird sie schon in T′ seyn, wenn der Mars erst in M′ ist. Dieser Planet wird also nach der schon erwähnten Täuschung auf die andere Seite von M zurück zu gehen scheinen. Aber wenn die Erde in T″ ist, so nimmt die Linie, welche sie durchläuft, gegen die, welche der Mars durchläuft, eine geneigte Lage an und der Mars scheint alsdann still zu stehen und wenn endlich die Erde in T‴ ist, so neigt sich die von ihr beschriebene Linie noch mehr und der Mars scheint vorwärts zu gehen.

Dieses ist bei der Annahme der Bewegung der Erde die natürliche und leichte Erklärung der Erscheinung des Stillstehens und Zurückgehens der Planeten, welche sich nach keinem andern System würde erklären lassen.

Bradley, welcher die jährliche Parallaxe der Fixsterne zu bestimmen suchte, bemerkte, daß sie nicht unbeweglich sind, sondern daß die in der Ebene der Ekliptik liegenden Sterne gerade Linien, die senkrecht darüber liegenden Kreise und die in schiefer Richtung erscheinenden mehr oder weniger längliche Ellipsen zu beschreiben scheinen, je nachdem sie sich der ersten oder zweiten Lage mehr nähern und zwar während der Zeit, in welcher die Erde die Ekliptik durchläuft. Hierin besteht die Erscheinung der Aberration oder

Abirrung des Lichts und sie wird uns einen neuen Beweis für die fortrückende Bewegung der Erde im Raume liefern.

Zunächst wollen wir uns erinnern, daß das Licht eine gewisse Zeit gebraucht, um von den Sternen zu uns zu gelangen. Nun sey **CA** Fig. 38 Taf. 2 ein Lichtstrahl, welcher senkrecht auf die Linie **BD** fällt. Wenn sich das Auge in **A** in Ruhe befindet, so sieht es den Stern in der Richtung **AC**, das Licht mag sich successive fortbewegen oder momentan. Aber wenn das Auge von **B** gegen **A** in Bewegung ist und das Licht bewegt sich mit einer Geschwindigkeit, welche sich zu der des Auges wie **CA** zu **BA** verhält, so geht es von **C** nach **A**, während das Auge von **B** nach **A** kommt. Nun ist aber jedes Lichttheilchen, welches uns den Stern sichtbar macht, in **C**, wenn das Auge in **B** ist. Verbinden wir also die beiden Punkte **B** und **C** und nehmen an, daß die Linie **BC** ein gegen die Linie **BD** geneigtes Fernrohr ist und zwar von einem solchen Durchmesser, daß nur ein Lichttheilchen durch dasselbe hindurch gehen kann, so ist klar, daß das Lichttheilchen in **C**, welches dem Auge den Stern sichtbar macht und in Folge seiner Bewegung nach **A** gelangen würde, durch das Fernrohr **BC** gehen wird, welches das Auge in seiner Bewegung begleitet, indem es seine Neigung beibehält. Da nun das Lichttheilchen durch das Fernrohr **BC** zu dem Auge gelangt ist, so wird das Auge den Stern in der Richtung des Fernrohrs sehen. Wenn wir aber dieses enge Fernrohr gleichsam als die Axe eines weitern betrachten, so wird das Lichttheilchen immer durch

diese Axe gehen, wenn das Fernrohr die gehörige Neigung hat. Wenn sich das Auge von **D** nach **A** bewegt, so muß das Fernrohr **CD** nach der entgegengesetzten Richtung geneigt seyn.

Hieraus folgt, daß, wenn sich die Erde bewegt, wir die Sterne nicht in ihrer natürlichen Lage sehen, sondern etwas vor derselben und der Unterschied zwischen ihrer wirklichen und scheinbaren Lage verhält sich zu dem Sinus der Neigung ihrer Gesichtslinie gegen die Ebene der Ekliptik wie die Geschwindigkeit der Erde zu der des Lichts.

Man sieht nun leicht ein, daß die Fixsterne bei der vorausgesetzten Bewegung der Erde die von Bradley bemerkte Erscheinung darbieten müssen und die Erklärung, welche wir eben von dieser Erscheinung gegeben haben und auf keine andere Weise möglich ist, liefert den stärksten Beweis für die fortrückende Bewegung der Erde.

Die Erde ist also für uns nicht mehr der unbewegliche Mittelpunkt, um welchen sich die ganze Welt dreht. Sie ist nur ein kleiner Planet des Sonnensystems und ist wie alle übrigen Planeten den Gesetzen der Anziehung unterworfen. Ihre Entfernung von der Sonne beträgt 34,500,000 Meilen. Sie bewegt sich innerhalb des Zeitraums von 365 Tagen 5 Stunden 48 Minuten 49 Secunden um die Sonne und kommt nach diesem Zeitraum wieder zu demselben Aequinoctialpunkt. Dieser Zeitraum wird das tropische Jahr genannt; aber die Zeit, welche sie gebraucht, um bei ihrer jährlichen Bewegung um die Sonne wieder zu demselben Fixstern zu kommen, von welchem sie ausging, beträgt 365 Tage

6 Stunden 9 Minuten 12 Secunden und dieser Zeitraum heißt ein Sternjahr. Sie dreht sich alle 24 Stunden einmal um ihre Axe. Ihr Durchmesser beträgt 2865 Meilen. Ein Punkt des Aequators bewegt sich vermöge ihrer Umdrehung in der Secunde ungefähr durch $\frac{1}{10}$ Meile und obgleich sich die Erde in der Ekliptik mit einer Geschwindigkeit von 7 Meilen in der Secunde bewegt, so ist diese Geschwindigkeit doch kaum die Hälfte von der des Merkurs. Der Durchmesser der Erdbahn beträgt ungefähr 68 Millionen Meilen. Alle diese Angaben kommen bereits in der oben angeführten Uebersicht vor und wir brauchen uns daher nicht länger dabei aufzuhalten.

Zehnte Vorlesung.

Von den säcularen und periodischen Ungleichheiten der Planeten.

Da sich die Himmelskörper nach den oben angeführten Gesetzen gegenseitig anziehen, so müssen sie auch sich gegenseitig in ihren Bewegungen stören. Dieses findet in der That statt und hier zeigt sich die Richtigkeit der Anziehungsgesetze ganz besonders deutlich: denn es gibt keine dieser Verrückungen und Störungen, wie klein sie auch seyn mag, welche sich nicht durch dieses Gesetz bestimmen ließe.

Die Unregelmäßigkeiten, welche in den Bewegungen der Planeten und ihrer Trabanten statt finden, werden Ungleichheiten genannt. Es gibt säculare und periodische Ungleichheiten.

Hiermit soll nicht gesagt seyn, daß die ersten Ungleichheiten nicht auch periodisch wären, sondern es soll damit nur so viel ausgedrückt werden, daß ihre Perioden sehr lang sind, während die der übrigen nur eine kurze Zeit umfassen.

Diese Veränderungen sind jedoch in Grenzen eingeschlossen, welche sie nicht überschreiten können. Die von den Planeten beschriebenen Bahnen können daher mehr oder weniger unregelmäßig seyn, sich der Kreisform mehr oder weniger nähern oder davon entfernen; aber ihre mittlere Bewegung und ihre mittlere Entfernung von der Sonne ändert sich nicht. Der Neigungswinkel der Axe gegen die Bahn kann zwar einige Veränderungen erleiden, aber sie werden niemals über gewisse Grenzen hinausgehen.

Wir werden hier blos von den merkwürdigsten Ungleichheiten des Mondes und der Erde sprechen.

Ungleichheiten des Mondes und der Erde.

Wenn der Mond in Conjunction ist, d. h. wenn er vermöge seiner Bewegung um die Erde zwischen die Sonne und die Erde tritt, so ist er der Sonne näher, als in der entgegengesetzten Lage und da alsdann die Anziehung der Sonne mit größerer Stärke wirkt, so wird seine Entfernung von der Erde vergrößert. Wenn dagegen der Mond in Opposition ist, d. h. wenn die Erde zwischen ihm und der Sonne steht, so zieht diese die Erde stärker an, als der Mond und entfernt sie folglich wieder von ihrem Trabanten. In den Quadraturen ist der Unterschied dieser Anziehungen nicht so beträchtlich und hat eine

Annäherung des Mondes zur Erde zur Folge. Man sieht aber sogleich ein, daß diese Veränderungen in der Entfernung des Mondes von der Erde auf die Geschwindigkeit seiner Bewegung Einfluß haben und in der That bemerkt man, daß sie von der Conjunction bis zur ersten Quadratur langsamer, von da bis zur Opposition schneller, von der Opposition bis zur zweiten Quadratur wieder langsamer und dann bis zur Conjunction wieder schneller wird. Diese Ungleichheiten heißen Variationen. Da aber der Mond die Erde bei ihrer Bewegung um die Sonne begleitet und diese sich bald der Sonne nähert und bald davon entfernt, so begreift man, daß durch diese Veränderungen in der Entfernung von der Sonne auch in der eben erwähnten Erscheinung Veränderungen hervorgebracht werden. Diese neue Art der Ungleichheit wird die Jahresgleichung genannt.

Wir haben schon, indem wir von dem Monde handelten, gesehen, daß sich seine Knoten auf der Ekliptik von Morgen gegen Abend bewegen und jährlich 19,3286° durchlaufen, also einen ganzen Umlauf in 18 Jahren 7½ Monaten oder genau in 6788,54019 Tagen machen. Diese Bewegung der Knoten der Mondsbahn und die Veränderungen ihrer Neigung gegen die Ekliptik rühren von der Anziehung der Sonne her. Denn wenn sich der Mond in seiner Bewegung um die Erde der Ebene der Ekliptik nähert, so bewirkt die Anziehung der Sonne, daß er früher in die Ebene der Ekliptik kommt. Hieraus entsteht die rückläufige Bewegung der Knoten und die Veränderung der Neigung der Bahn gegen die Ekliptik.

Die Anziehungskraft der Erde gegen den Mond ändert ihre Stärke, je nachdem dieser letztere in der Erdnähe oder in der Erdferne ist, so daß die Anziehungskraft der Sonne von mehr oder weniger Einfluß ist. Hieraus entstehen Verlängerungen oder Zusammenziehungen der Mondsbahn, welche man Evectionen nennt.

Aber die merkwürdigste dieser Ungleichheiten ist das Vorrücken der Nachtgleichen. Die Sonne geht nicht alle Jahre in demselben Punkte durch den Aequator, sondern es findet dieses jedes folgende Jahr in einem andern Punkte statt, welcher 50,103″ weiter westlich liegt, als im vorhergehenden Jahre, so daß also die Nachtgleichen 20′ 23″ früher eintreten, ehe die Sonne ihren Lauf am Himmel vollendet hat oder wieder zu demselben Stern zurückkehrt. Das tropische Jahr oder das wahre Jahr der Jahreszeiten ist also kürzer, als das Sternjahr. Das Vorrücken der Nachtgleichen wird durch die stärkere Anziehung der Sonne auf die Erhabenheit des Aequators, welchen sie in die Ebene der Ekliptik zu bringen strebt, der sich aber durch die Wirkung der Umdrehungsbewegung in seiner Neigung erhält, hervorgebracht. Da die Aequinoctialpunkte jedes Jahr 50,103″ nach Westen fortrücken, so machen sie in 25,867 Jahren einen ganzen Umlauf. Der Frühlingspunkt ♈ liegt jetzt 30° weiter westlich, etwa zu Hipparchs Zeiten 140 Jahre vor Christus, und befindet sich nicht mehr wie damals im Sternbild des Widders, sondern in den Fischen, obgleich die Astronomen heut zu Tage den Punkt der Frühlingsnachtgleiche den Nullpunkt des Widders und die folgenden 30° der Ekliptik Widder nennen.

Wegen der rückläufigen Bewegung der Aequinoctialpunkte beschreibt die Erdaxe eine Kegelfläche und der Pol einen kleinen Kreis, dessen Durchmesser der doppelten Schiefe der Ekliptik gleich ist, d. h. gleich 46° 56′. Es sey **NZSVL** Fig. 30 Taf. 2 die Erde, **A** der Punkt, wo ihre verlängerte Axe die Himmelskugel trifft, oder der Nordpol am Himmel, welcher senkrecht über dem Nordpol **N** der Erde liegt, **EOQ** der Aequator, **T♋Z** der Wendekreis des Krebses, **V♑T** der des Steinbocks, **VOZ** die Ekliptik und **BO** ihre Axe, welche als unbeweglich betrachtet werden muß, weil die Ekliptik immer durch dieselben Sterne geht. Da aber die Aequinoctialpunkte in dieser Ebene zurückgehen, so ist die Erdaxe **SON** beweglich und beschreibt um die Axe **BO** der Ekliptik den doppelten Kegel **NOn** und **SOs** und zwar in derselben Zeit, in welcher die Aequinoctialpunkte in der Ekliptik einen ganzen Umlauf vollenden, d. h. in 25,867 Jahren, und in dieser langen Zeit beschreibt der Nordpol um den beweglichen Pol der Ekliptik den Kreis **ABCDA** am Himmel. Da die Erdaxe gegen die der Ekliptik um 23° 28′ geneigt ist, so ist der Durchmesser des Kreises **ABCDA** beinahe 46° 56′ oder das Doppelte der Schiefe der Ekliptik. Der Punkt **A**, welcher jetzt der Nordpol am Himmel ist und nahe bei einem Sterne zweiter Größe am Ende des Schwanzes des kleinen Bären liegt, muß also vom Nordpol verlassen werden, weil sich derselbe in 71$\frac{2}{3}$ Jahren um 1 Grad fortbewegt. Der Nordpol wird sich nach 6447$\frac{3}{4}$ Jahren im Punkt **B** und nach 12,895$\frac{1}{2}$ Jahren im Punkt **C** befinden. Die

gegenwärtige Lage des Aequators EOQ wird alsdann in EOq, der Wendekreis des Krebses T♋Z in V♋d und der des Steinbocks V♑T in t♑Z verändert und die Sonne wird in dem Theile des Himmels, wo sie jetzt auf dem Wendekreise des Steinbocks ist und die kürzesten Tage und längsten Nächte in der nördlichen Halbkugel hervorbringt, alsdann auf dem Wendekreise des Krebses seyn, wo die Tage am längsten und die Nächte am kürzesten sind.

Bradley hatte schon die Abirrung des Lichts entdeckt und machte neue Beobachtungen, um sie zu bestätigen, als er bemerkte, daß sich die Erdaxe bald mehr, bald weniger gegen die Ekliptik neigt und dieselben Veränderungen in der Neigung der Ebene der Ekliptik gegen die des Aequators zur Folge hat und um den mittlern Pol als Mittelpunkt eine kleine Ellipse beschreibt, deren große Axe einem Bogen am Himmel von 20,153″ und deren kleine Axe einem Bogen von 15,001″ entspricht. Diese Ellipse wird in dem Zeitraum eines Mondcyclus, d. h. in ungefähr 18 Jahren 7 Monaten beschrieben und diese Erscheinung wird die Nutation genannt. Da die Periode der Nutation genau dieselbe ist, als die der Bewegung der Mondsknoten, so müssen diese beiden Erscheinungen nothwendig mit einander verbunden seyn und in der That wird die Erscheinung der Nutation dadurch hervorgebracht, daß die Anziehung des Mondes stärker auf die Punkte der Erde unter dem Aequator, als auf die unter den Polen wirkt. Endlich kommt in der Bewegung der Erde außer den beiden angeführten Ungleichheiten, welches die vor-

züglichsten sind, noch eine dritte ebenfalls wichtige vor und welche in den Gesammtanziehungen der Planeten auf die Erde ihren Grund hat, nämlich die allmählige Verrückung der Ebene der Ekliptik am Himmel und die Abnahme ihrer Neigung gegen den Aequator, welche alle 100 Jahre beinahe 52,1154″, also jährlich $\frac{1}{2}$″, in 115 Jahren 1′ und in 6900 Jahren 1° beträgt.

Diese Veränderung der Schiefe der Ekliptik wird durch die Beobachtungen der alten Astronomen und durch die Rechnung bestätigt. Man überzeugt sich davon, wenn man die gegenwärtige Lage der Sterne gegen die Ekliptik mit der Lage, welche sie in frühern Zeiten gehabt haben, vergleicht. Auf diese Weise findet man, daß die Sterne, welche nach den Angaben der Alten auf der nördlichen Seite der Ekliptik nahe bei dem Sommersolstitium lagen, jetzt weiter nach Norden fortgerückt sind und sich von dieser Ebene entfernt haben und daß die Sterne, welche auf der südlichen Seite der Ekliptik in der Nähe desselben Punkts lagen, sich dieser Ebene genähert haben, daß sich einige derselben jetzt in dieser Ebene befinden und andere sogar jetzt auf der nördlichen Seite derselben liegen. Die entgegengesetzten Veränderungen zeigen sich bei dem Wintersolstitium.

Laplace hat jedoch bewiesen, daß die Schiefe der Ekliptik nicht fortwährend abnehme, sondern daß eine Zeit kommen wird, wo diese Abnahme immer geringer wird, dann aufhört und worauf die Schiefe der Ekliptik wieder zunimmt. Diese Schwankung wird also kaum 1° bis 8° betragen.

Elfte Vorlesung.

Von den Kometen.

Wir haben uns nun noch mit einer Klasse von Himmelskörpern zu beschäftigen, über welche man die verschiedensten Meinungen aufgestellt hat, nämlich mit den Kometen, deren Erscheinung die Menschen immer in Erstaunen und Schrecken gesetzt hat.

Die Kometen bieten uns die verschiedenartigsten Erscheinungen dar. Bald sind ihre Bewegungen recht= und bald rückläufig und sie durchlaufen den Himmelsraum nach allen möglichen Richtungen und machen von allen Weltkörpern unsers Sonnensystems allein eine Ausnahme von der Bewegung von Westen nach Osten. Sie haben alle einen Lichtnebel um sich, welcher der Bart oder Schweif genannt wird, je nachdem er vor oder hinter dem Kometen ist, und die Materie, woraus er besteht, ist zuweilen so dünn, so dunstartig, daß man die Sterne durch sie sehen kann. Aber es ist bis jetzt noch nicht möglich gewesen, sich zu überzeugen, ob diese Sterne außer dem Lichtnebel, welchen man immer bemerkt, auch einen dunkeln Kern haben oder nicht.

Man weiß ebenfalls nicht, ob die Kometen selbstleuchtende Körper sind oder nicht; aber es gibt ein Mittel, sich davon zu überzeugen: denn ein selbstleuchtender Himmelskörper bietet immer dieselbe Lichtstärke dar, in welcher Entfernung er sich auch befinden mag, weil, obgleich die Stärke der zu dem Auge gelangenden Lichtstrahlen nach

dem Verhältniß des Quadrats der Entfernungen abnimmt, doch die Anzahl der leuchtenden Punkte in demselben Verhältnisse zunimmt. Dieses Princip bietet ein Mittel dar, zu bestimmen, ob der Komet von 1835 ein selbstleuchtender Körper ist.

Man hat lange Zeit geglaubt, daß die Kometen keinen gesetzmäßigen Lauf hätten und daß sie den Gesetzen, welche unter den übrigen Himmelskörpern herrschen, nicht unterworfen wären, sondern daß sie den unendlichen Raum von einem Sonnensystem zum andern durchirrten. Aber seit den Keplerschen Entdeckungen hat man untersucht, ob sie diesen Gesetzen gehorchen und ihre Bahnen zu bestimmen gesucht, wozu es hinreichend ist, daß blos drei Lagen derselben bekannt sind. Durch dieses Verfahren hat man die von mehreren Kometen beschriebenen Bahnen bestimmt und man hat gefunden, daß sie sich in sehr excentrischen Ellipsen bewegen, in deren einem Brennpunkte sich die Sonne befindet. Da aber die Kometen früher wenig und schlecht beobachtet sind, so fehlen die meisten zur Bestimmung ihrer Indentität nöthigen Elemente und es ist daher bei vielen sehr schwer, die Zeit ihrer Wiederkehr genau zu bestimmen. Es wäre sogar möglich, daß einige Kometen Parabeln, d. h. nicht geschlossene krumme Linien, beschreiben, in deren Brennpunkt sich die Sonne befindet, so daß sie also niemals wieder erscheinen werden.

Halley wollte den Astronomen die Mittel verschaffen, wodurch sie, wenn künftig ein Komet erschiene, bestimmen könnten, ob er einer von den schon beobachteten wäre und folglich durch Vergleichung ihrer Elemente die Zeit des Erschei-

nens, die große Axe seiner Bahn und seine Wiederkehr zu bestimmen. Er verfertigte daher eine Tafel der Elemente der Kometen. Er hatte 1682 die parabolischen Elemente eines zu dieser Zeit erschienenen Kometen berechnet. Die Uebereinstimmung zwischen seinen Resultaten und denen, welche Kepler für einen 1607 erschienenen Kometen erhalten hatte, fiel ihm auf; er ging daher zu älteren Beobachtungen zurück und fand, daß die Elemente der Kometen von 1546 und von 1531 sehr nahe mit den seinigen übereinstimmten. Er schloß daraus, daß es derselbe Komet sey, welcher nach fast gleichen Zwischenzeiten wieder erschiene und sagte, daß er 1757 wieder erscheinen würde. Aber Clairaut berechnete, daß seine Erscheinung durch die Wirkung des Jupiters und Saturns um 618 Tage verzögert würde und der Komet erschien in der That erst den 13. März 1759. Dieser Komet ist der erste, dessen Wiedererscheinen vorhergesagt und eingetroffen ist. Er vollendet also seinen Lauf in ungefähr $75\frac{1}{2}$ Jahren.

Aber was ist der Schweif der Kometen und wie bildet er sich? Diese Fragen sind noch nicht auf eine genügende Weise beantwortet.

Kepler meinte, daß sich der Schweif der Kometen dadurch bildete, daß die Sonnenstrahlen auf einen Theil der dunstfarbigen Materie, welche den Kern umgibt, eine abstoßende Kraft ausübe. Diese Erklärung hatte das für sich, daß die Kometenschweife merkwürdigerweise auch immer auf der der Sonne entgegengesetzten Seite liegen. Aber außerdem, daß die feinsten Versuche in den Sonnenstrahlenstrahlen keine

merkliche bewegende Kraft nachgewiesen haben, wäre noch, wenn man dieselbe auch annimmt, zu erklären, woher die gekrümmte Form der Kometenschweife komme, welche sie oft haben, und ob jene Erklärung auch auf diesen Fall anwendbar ist.

Aus dem Umstande, daß die Kometenschweife desto größer werden, je mehr sich der Komet der Sonne nähert, haben einige den Schluß gezogen, daß sich der Kern der Kometen bei der schnell zunehmenden Wärme theilweise oder ganz in eine gasförmige Substanz auflöse, welches zugleich die Erscheinung erklärte, daß man in einigen Kometen keinen Kern bemerkt hat. Diese Meinung stützt sich darauf, daß die Kometen, indem sie sich der Sonne nähern, einer außerordentlich hohen Temperatur ausgesetzt seyn müssen; denn man hat berechnet, daß der Komet von 1680 einer 22,000 mal höhern Temperatur, als die des glühenden Eisens bei seinem letzten Durchgang ausgesetzt gewesen ist.

Endlich hat man noch eine Menge anderer, mehr oder weniger sinnreicher Hypothesen aufgestellt, welche mehr oder weniger allgemein angenommen sind; aber nach allen lassen sich die Erscheinungen nicht vollständig erklären.

Newton meinte, daß die Kometen dazu bestimmt wären, der Sonne als Brennmaterial zu dienen und daß vielleicht die Fixsterne, deren Glanz allmählig abnimmt, aber dann wieder lebhafter wird, neue Brennmaterialien erhalten haben. Obgleich man bemerkt hat, daß die Centralkraft der Sonne den Widerstand der Materie,

welche sich in dem Himmelsraume befindet, übertrifft, so daß sich die Kometen der Sonne nähern und schneller drehen, und obgleich man hieraus den Schluß gezogen hat, daß der Komet von 1680 früher oder später einmal auf die Sonne fallen wird, weil die Entfernung desselben bei seinem letzten Durchgange nur $\frac{1}{20}$ des Sonnendurchmessers betrug, so können die Vorstellungen Newtons über den Endzweck der Kometen heut zu Tage doch nicht mehr angenommen werden. Wir haben uns schon über die Sonderbarkeit dieser Vorstellung erklärt, welche die Sonne in ein Feuer verwandelt, in welches die Kometen gleichsam wie Scheiter als Brennmaterial geworfen werden. Man weiß jetzt, daß außer der gewöhnlichen Verbrennung auch die Electricität ebenfalls Wärme und Lichterscheinungen hervorbringen kann, von welcher Beschaffenheit wahrscheinlich auch die der Sonne sind.

Da man sich den Ursprung des bekannten Höhenrauchs im Jahr 1783 nicht hat erklären können, so haben einige angenommen, daß es vielleicht ein Kometenschweif gewesen sey, der die Erde umgeben habe. Bekanntlich war dieser Höhenrauch sehr dicht, sehr trocken und hatte auf das Hygrometer keinen Einfluß, bedeckte während eines Monats die festen Länder und endigte sich in 50 Meilen Entfernung von den Küsten. Aber wenn dieser Höhenrauch ein Kometenschweif gewesen wäre, so würden alle Punkte der Erde zwischen zwei Parallelkreisen, wegen der Umdrehungsbewegung der Erde von dem Höhenrauche bedeckt gewesen seyn. Ueberdies würde man auch den Kometen von irgend

einem Punkte des Meeres aus gesehen haben, weil da kein Höhenrauch war; allein die Schiffer bemerkten keinen ungewöhnlichen Stern. Es ist wahrscheinlich, daß dieser Höhenrauch in irgend einer großen innern Revolution der Erde seinen Grund hat, wie auch aus den vor seiner Erscheinung statt gehabten Erdbeben und vulkanischen Eruptionen hervorgeht. In Sinigaglia sieht man übrigens eine ähnliche Erscheinung, nämlich einen trocknen und periodischen Höhenrauch, welcher sich auch nicht auf das Meer erstreckt, und man weiß die Ursache, welche ihn hervorbringt, ebenfalls nicht.

Es ist ein ziemlich allgemein verbreiteter Irrthum, daß man glaubt, die Erscheinung der Kometen hätte auf die Produkte der Vegetation einen Einfluß; allein dieses kann nicht der Fall seyn; denn das Licht der Kometen bringt keine merkliche Wärmewirkung hervor, wenn man es auch in den Brennpunkt der stärksten Brennspiegel concentrirt. Man hat auch untersucht, ob die Temperatur der Jahre, in welchen Kometen erschienen sind, höher ist, als die anderer Jahre und man hat gerade das Gegentheil gefunden, nämlich, daß sie im Allgemeinen niedriger ist.

Kann aber ein Komet gegen die Erde stoßen? Dieses ist so unwahrscheinlich, daß es eine wahrhaft kindische Furcht seyn würde, wenn man sich darüber beunruhigen wollte; denn man kann 281,000,000 gegen 1 wetten, daß ein solcher Stoß nicht statt finden wird. Dessen ungeachtet ist dieses Ereigniß möglich und der Komet von 1832, welcher von Einigen so sehr gefürchtet wurde, ging durch einen Punkt der Erdbahn,

in welchem die Erde einen Monat früher gewesen war, von welchem sie sich aber schon sehr entfernt hatte, weil sie, wie wir gesehen haben, in der Secunde ungefähr 7 Meilen durchläuft. Wenn also der Komet einen Monat früher in diesen Punkt gekommen wäre, so würde er gegen die Erde gestoßen seyn. Die Wirkungen eines solchen Stoßes lassen sich leicht denken. Wenn der Stoß so stark wäre, daß die fortrückende Bewegung der Erde ganz aufgehoben würde, so würde alles, was nicht mit ihrer Oberfläche in fester Verbindung steht, wie z. B. die Thiere, Gewässer rc. sich mit einer Geschwindigkeit von 7 Meilen in einer Secunde von ihr entfernen. Wenn durch den Stoß nur die Umdrehungsbewegung der Erde um ihre Axe verzögert würde, so würden die Gewässer des Meeres aus ihren Behältern treten, der Aequator und die Pole würden verändert werden rc. Hören wir aber, wie der Verfasser der Mechanik des Himmels diese schrecklichen Wirkungen selbst schildert: „Die Umdrehungsaxe und die Bewegung um sie würde durch den Stoß eines Kometen gegen die Erde verändert, die Meere würden ihre früheren Lagen verändern und sich gegen den neuen Aequator stürzen, eine große Menge Menschen und Thiere würden in dieser allgemeinen Sündfluth ertrinken, oder durch den heftigen Stoß der Erde getödtet werden; ganze Geschlechter würden vernichtet und alle Denkmäler der menschlichen Industrie würden umgestürzt. Durch einen solchen Stoß läßt es sich auch erklären, daß das Weltmeer hohe Berge bedeckt hat, auf welchen sich noch unbestreitbare Spuren davon zeigen und

daß die Thiere und Pflanzen im Süden in den nördlichen Klimatas, wo man ihre Ueberreste gefunden hat, haben existiren können. Endlich erklärt sich daraus auch das geringe Alter der moralischen Welt, deren Denkmäler kaum über 5000 Jahre hinausgehen. Das menschliche Geschlecht, auf eine kleine Anzahl von Individuen reducirt, welche sich in dem traurigsten Zustande befanden und eine lange Zeit hindurch blos mit der Sorge, sich zu erhalten, beschäftigt waren, hat daher das Andenken der Wissenschaften und Künste ganz verloren und wenn die Fortschritte der Civilisation das Bedürfniß derselben wieder fühlbar gemacht, so hat alles wieder von Anfang an beginnnen müssen, wie wenn die Menschen von neuem auf die Erde versetzt wären."

Ist es wirklich wahr, wie der Verfasser der Mechanik des Himmels meint, daß die Erde früher von einem Kometen einen Stoß erlitten hat? Man stützt diese Meinung auf den merkwürdigen Umstand, daß alle Festländer gegen Mittag in Spitzen auslaufen, mit Inseln in der Nähe und Meerbusen gegen Westen und man behauptet, daß dieses durch den Stoß eines Kometen gegen die Erde an diesem Ort hervorgebracht ist.

Hierauf kann man antworten, daß die Erde nie von einem Kometen gestoßen worden ist, denn ihr Aequator hat sich niemals geändert und wenn er früher anders wo gewesen wäre, als wo er jetzt ist, so würde die Umdrehungsbewegung daselbst eine Erhabenheit hervorgebracht haben, wovon man keine Spur bemerkt. Ueberdies würde wahrscheinlich auch der Mond von demselben

Stoße getroffen seyn und er würde eine schwingende Bewegung erhalten haben, welche man bemerken müßte; allein auch dieses ist nicht der Fall.

Die Kometen haben jetzt die Aufmerksamkeit der Astronomen in einem hohen Grade auf sich gezogen, da sie aus ihrer Bewegung die Auflösung einer Aufgabe von dem höchsten Interesse, nämlich die Bestimmung des Widerstands des im Himmelsraume befindlichen Mittels abzuleiten gedenken.

Zwölfte Vorlesung.

Von den Finsternissen.

Wie die Kometen, waren auch die Finsternisse ehedem ein Schreckniß für das Volk; aber jedermann weiß jetzt, daß diese Erscheinungen eine Folge von Naturgesetzen sind und daß man sie mit derselben Genauigkeit vorher bestimmt, als die Folge der Tage und Nächte.

Mondfinsternisse.

Da die Erde ein dunkeler und runder Körper ist, so kann die Sonne zu derselben Zeit nur einen Theil derselben erleuchten, woraus folgt, daß die Erde auf der der Sonne entgegengesetzten Seite einen Schatten wirft. Welche Form hat aber dieser Schatten und welche Dimensionen hat er? Wenn die Sonne und die Erde dieselbe Größe hätten, so wäre der Schatten cylindrisch und unendlich lang; aber da die Erde viel kleiner ist, als die Sonne, so bildet ihr Schatten einen Kegel, welcher lang genug

ist, um den Mond zu erreichen, aber nicht bis zum Mars reicht. Man hat berechnet, daß seine Länge 300,000 Meilen beträgt. An den Seiten dieses Kegels befindet sich ebenfalls ein Schatten, der aber nicht so dunkel ist, als der des Kegels und blos durch das theilweise Auffangen der Sonnenstrahlen entsteht; er wird desto schwächer, je weiter er sich von dem Schattenkegel entfernt. Diese Zwischenstufe zwischen dem Licht und dem reinen Schatten (Kernschatten) wird der Halbschatten genannt. Um die Grenzen desselben zu bestimmen, muß man gerade Linien ziehen, welche von den Rändern der Sonne ausgehen und nachdem sie sich durchschnitten haben, die Oberfläche der Erde berühren. Diese Linien bilden, wenn sie verlängert werden, einen abgestumpften Kegel, welcher der des Halbschattens ist. Ist also S Fig. 31. Taf. 2. die Sonne und E die Erde, so liegt die Spitze des Schattenkegels a b f in dem Punkte f, wo sich die von dem Rande der Sonne ausgehenden Lichtstrahlen schneiden, nachdem sie die Erde berührt haben und der abgestumpfte Kegel a b c d bildet den Halbschatten.

Wenn also die Erde zwischen die Sonne und den Mond tritt, so wird dieser mit einer Dunkelheit umgeben und es findet eine Mondfinsterniß statt. Die Finsterniß ist total oder partiell, je nachdem der Mond ganz oder zum Theil in den Schattenkegel tritt. Sie ist central, wenn der Mittelpunkt des Mondes genau auf der Axe des Schattenkegels liegt.

Wenn die Ebene, in welcher sich der Mond bewegt, nicht gegen die Ekliptitik geneigt wäre, so

würde derselbe in allen Vollmonden verfinstert werden; aber da seine Bahn die Ekliptik nach der Knotenlinie schneidet, so nimmt er gegen diese Ebene successive verschiedene Lagen an. Wenn der Mond in seiner Opposition von den Knoten entfernt ist, so berührt er nur den Erdschatten, ohne in denselben hineinzutreten und dieses ist meistens der Fall. Aber wenn die Linie, welche den Mittelpunkt der Sonne, der Erde und des Mondes verbindet, genau oder fast eine gerade ist, welches statt findet, wenn der Mond in seinen Knoten oder in ihrer Nähe steht, so findet eine Mondfinsterniß statt.

Um die Ausdehnung der Finsternisse auszudrücken, denkt man sich den Mond in zwölf gleiche und parallele Zonen, welche Zolle genannt werden, eingetheilt und wenn z. B. der dritte Theil oder die Hälfte der Mondsscheibe verfinstert ist, so sagt man, die Finsterniß hat vier oder sechs Zoll. Wenn die Finsterniß eine totale und der Durchmesser des Schattens größer, als der des Mondes ist, so sagt man, die Finsterniß hat mehr als zwölf Zoll und die Zahl der Zolle wird nach Verhältniß bestimmt.

Alle Mondfinsternisse, welche in allen Punkten der Erde sichtbar sind, über deren Horizont sich der Mond befindet, sind überall von derselben Größe, haben denselben Anfang und dasselbe Ende. An der östlichen Seite der Mondsscheibe fängt die Verfinsterung immer zuerst an.

Der Mond verliert allmählig immer mehr von seinem Glanze, wenn er sich dem Schattenkegel nähert, weil er alsdann in den Halbschatten tritt, welcher, wie wir gesehen haben, bis

zu dem Kernschatten allmählig an Dunkelheit zunimmt. Wenn der Mond in den Kernschatten tritt, so verschwindet er gewöhnlich nicht ganz, selbst wenn die Finsterniß eine totale ist, weil er durch Reflexion einige Lichtstrahlen erhält, welche ihn in dem Schattenkegel erleuchten. Dessen ungeachtet sieht man den Mond zuweilen ganz verschwinden, wenn nämlich viel Wolken in der Atmosphäre sind.

Wir haben schon bemerkt, daß die Mondfinsternisse in allen Punkten der Erde sichtbar sind, welche den Mond über dem Horizonte haben und daß sie für alle diese Punkte dieselbe Ausdehnung besitzen; wir müssen aber hinzufügen, daß die Zeiten, in welchen man sie sieht, mit der geographischen Länge des Beobachtungsorts veränderlich sind. Die Mondfinsternisse können niemals länger, als zwei Stunden dauern; aber sie können von kürzerer Dauer seyn.

Sonnenfinsternisse.

Wenn der Mond zwischen die Sonne und die Erde tritt, so wird die erstere verfinstert. Die Finsterniß ist eine partielle, wenn der Mond nur einen Theil der Sonnenscheibe bedeckt; sie ist eine totale, wenn der Mond die ganze Sonnenscheibe bedeckt, sie ist ringförmig, wenn die Sonne unter der Form eines leuchtenden Ringes erscheint, und sie ist endlich central, wenn sich der Beobachter auf der Verlängerung der Linie befindet, welche den Mittelpunkt der Sonne und des Mondes verbindet.

Da der Mond fast dieselbe Form als die Erde hat, so bildet sich sein Kern- und Halbschatten auf dieselbe Weise; da er aber viel kleiner ist, als die Erde, so kann sein Schattenkegel immer nur einen Theil der Erdoberfläche bedecken. In der That weiß jeder, daß eine Sonnenfinsterniß nicht für alle Orte der Erde zu derselben Zeit statt finden kann und man sieht leicht ein, daß eine Sonnenfinsterniß, welche für einen bestimmten Ort eine totale ist, für einen andern unsichtbar seyn kann, wenn gleich sich die Sonne über seinem Horizonte befindet. Da der Mond successive vor allen Punkten der Sonnenscheibe vorübergeht, so bedeckt er sie auch successive für verschiedene Punkte der Erde und zwar in der Richtung seiner Bewegung von Abend gegen Morgen. Bei fast allen Sonnenfinsternissen hat die Mondsscheibe ein schwaches Licht, welches ihr von dem erleuchteten Theile der Erde durch Reflexion zugesandt wird.

Der größte scheinbare Durchmesser des Mondes übertrifft den kleinsten scheinbaren Durchmesser der Sonne nur um 1′ 38″. Die längste totale Sonnenfinsterniß, welche statt finden kann, dauert also niemals eine längere Zeit, als die, welche der Mond gebraucht, um einen Bogen von 1′ 38″ zu durchlaufen, d. h. ungefähr 3 Minuten 13 Secunden Zeit.

Die Sonnenfinsternisse werden ebenfalls, wie die Mondfinsternisse, nach Zollen bestimmt.

Die Erscheinung einer Sonnenfinsterniß geht im Allgemeinen auf folgende Weise vor sich. Es sey **S** Fig. 33. Taf. 2. die Sonne, **YY** die Erde, **M** der Mond und **AMP** die Bahn des-

selben. Wenn wir die Linien W c e und V d e ziehen, so ist der zwischen diesen Linien liegende dunkele Raum der Schattenkegel des Mondes und die Linien W d h und V c g bestimmen die Grenzen des Halbschattens a b c d g h. Bewegt sich nun der Mond in seiner Bahn von Westen nach Osten, wie von M nach P, so sieht der Beobachter in b den östlichen Rand d des Mondes den westlichen Rand W der Sonne berühren und die Finsterniß fängt für ihn an. Aber in demselben Augenblick verläßt der westliche Rand des Mondes in c den östlichen Rand der Sonne in V und die Finsterniß hört für den Beobachter in a auf. Die Sonnenfinsterniß findet also für alle zwischen a und b liegende Punkte statt. Aber aus der Figur erhellt, daß die Sonne nur in einem kleinen Theile der Erde zugleich total verfinstert ist, weil nur das Ende des Schattenkegels die Erde erreicht.

Die Sonnenfinsternisse kehren nur nach einer ziemlich langen Zeit wieder. Sie können nur in den Syzygien statt finden. Da der synodische Umlauf der Mondsknoten in 346 Tagen 14 Stunden 42 Minuten 16 Secunden vollendet wird, so steht er zu dem synodischen Umlaufe des Mondes ungefähr in dem Verhältniß von 223 zu 19. Nach einer Periode von 223 Mondwechseln d. h. nach ungefähr 18½ Jahren befinden sich die Sonne und der Mond also wieder in derselben Lage gegen die Mondsknoten. Diese Bemerkung dient zur Vorherbestimmung der Wiederkehr der Sonnen- und Mondfinsternisse, wenn nämlich die der frühern Periode schon bekannt sind.

Da die totalen Sonnenfinsternisse so äußerst selten sind, so liest man vielleicht folgende Bemerkung, welche Halley einem seiner Freunde von einer solchen Finsterniß macht, nicht ohne Interesse.

„Ich sende Ihnen meinem Versprechen zu Folge meine Beobachtungen einer Sonnenfinsterniß, obgleich ich befürchte, daß sie Ihnen von keinem großen Nutzen seyn wird. Da es mir an den zur Zeitmessung nöthigen Instrumenten fehlte, so war es blos meine Absicht, das Schauspiel einer so merkwürdigen und seltenen Naturerscheinung im Allgemeinen zu untersuchen. Zum Beobachtungsort wählte ich einen Ort, welcher Haradow-Hill genannt wird, zwei Meilen von Amsbury westlich an dem Passe von Stomhenge. Gegenüber befindet sich die Ebene, in welcher dieses berühmte Gebäude liegt, über dem, wie mir bekannt, die Finsterniß eintreten mußte. Außerdem hatte ich nach allen Richtungen eine sehr weite Aussicht, weil ich mich auf der höchsten Anhöhe der Umgegend befand und welche der Mitte des Schattens am nächsten lag. Westlich, jenseits Stomhenge, liegt ein anderer ziemlich schroffer Hügel, welcher einem sich über den Horizont erhebenden Kegel ähnlich ist, er heißt Claye-Hill; er liegt nahe bei Westmünster und fast auf der Centrallinie des Schattenkegels, welcher von diesem Punkte ausgehen mußte. Bei mir war Abraham Sturgis und Stephan Ewens, beide Bewohner des Landes und Menschen von Geist. Obgleich der Himmel mit Wolken bedeckt war, so brachen doch zuweilen hier und da die Sonnenstrahlen

durch und ich konnte die Umgegend betrachten. Meine beiden Begleiter sahen durch ein geschwärztes Glas, während ich die Gegend aufnahm. Es war $5\frac{1}{2}$ Uhr nach meiner Uhr, als man mir sagte, daß die Finsterniß anfinge. Wir verfolgten daher ihr Fortschreiten mit blosem Auge, weil die Wolken die Stelle der geschwärzten Gläser vertraten. In dem Augenblick, wo die Sonne halb verdunkelt war, zeigte sich an ihrem Umfange ein sehr deutlich sichtbarer Regenbogen mit vollkommenen Farben. So wie die Dunkelheit zunahm, sahen wir von allen Seiten die Schäfer ihre Truppen in die Horden treiben, denn sie erwarteten eine totale Sonnenfinsterniß von $1\frac{1}{4}$ Stunde Dauer."

„Als die Sonne die Form eines Neumonds annahm, war der Himmel noch ziemlich klar, aber er bedeckte sich bald mit einer dicken Wolke. Der Regenbogen verschwand, der oben erwähnte schroffe Hügel wurde sehr dunkel und der Horizont nahm zu beiden Seiten, d. h. nördlich und südlich, einen ähnlichen blauen Grund an, wie im Sommer bei der Abnahme des Tages. Wir hatten kaum die Zeit, bis 10 zu zählen, als der Thurm von Salisbury, welcher 6 Meilen südlich liegt, in die Finsterniß trat. Der Hügel verschwand ganz und die tiefste Nacht verbreitete sich um uns her. Wir verloren die Sonne, deren Ort wir bis dahin unter den Wolken hatten unterscheiden können, ganz aus den Augen und bemerkten keine Spur derselben mehr, als ob sie gar nicht existirt hätte. Meine Uhr, welche ich vermittels eines von Norden herfallenden Lichts nur sehr schwer sehen konnte, zeigte

6 Uhr 35 Minuten. Kurz vorher hatte das Himmelsgewölbe und die Erdoberfläche ein wirklich bleifarbiges Ansehen bekommen: denn es war eine Mischung von schwarz und blau, wo die letztere Farbe auf der Erde und am Horizont vielleicht etwas vorherrschend war. Auch zwischen den Wolken war es sehr schwarz, so daß das Ganze als ein sehr schreckhaftes Gemälde sich darbot und den Verfall der Natur anzuzeigen schien."

„Wir waren nun in eine völlige Dunkelheit eingehüllt. Sie kam sehr schnell; aber ich war so aufmerksam, daß ich ihr Fortschreiten wahrnehmen konnte. Sie machte die Wirkung eines Regens auf uns und überfiel uns von der linken Seite (wir sahen nach Westen) wie ein großer schwarzer Mantel, welchen man über uns geworfen hätte, oder wie ein auf dieser Seite gezogener Vorhang. Die Pferde, welche wir am Zügel hielten, waren sehr empfindlich und drängten sich an uns, gleichsam als wenn ihnen das Ereigniß sehr auffallend gewesen wäre. Das Gesicht meiner Nachbarn hatte, so viel ich sehen konnte, ein schreckliches Ansehen. In diesem Augenblicke sah ich um mich und konnte einen Ausruf der Verwunderung nicht unterdrücken. In der Sonne unterschied ich Farben, aber die Erde hatte ihr Blau verloren und war ganz schwarz. Einige Lichtstrahlen furchten die Wolken während eines Augenblicks; aber gleich nachher erschien der Himmel und die Erde ganz schwarz. Dieses war das schrecklichste Schauspiel, das ich in meinem Leben gesehen habe".

„In der nordwestlichen Gegend des Orts, von woher die Finsterniß kam, war es mir völ-

lig unmöglich, Himmel und Erde von einander zu unterscheiden und zwar in einer Breite von wenigstens 60 Graden. Die Stadt Amsbury, welche unter uns lag, suchten wir vergeblich und kaum sahen wir die Erde, welche uns trug. Während dieser totalen Dunkelheit drehte ich mich mehrere Male um und ich bemerkte, daß der Horizont in einer ziemlichen Entfernung von Westen auf beiden Seiten, d. h. im Norden und Süden, hell war. Die Erde war schwarz und der untere Theil des Himmels hell. Der dunkle Theil, welcher sich an diesen Orten bis zum Horizont erstreckte, erschien über unsern Köpfen als ein mit Frangen von hellerer Farbe geschmückter Himmel, so daß die obern Ränder aller Hügel, welche ich an ihrer Form und an ihrem Durchschnitte genau erkannte, eine schwarze Linie bildeten. Ich sah genau, daß der Zwischenraum am Horizont in Norden zwischen dem Licht und der Finsterniß zwischen Mortinsol und St. Anna lag; aber in Süden war er nicht so begrenzt. Ich will gerade nicht behaupten, daß die Schattenlinie zwischen diesen beiden Hügeln lag, welche 12 Meilen von uns entfernt waren; allein so weit ich den Horizont unterscheiden konnte, war hinter ihnen kein Schatten. Denn da ich mich auf einem hohen Orte befand, so konnte ich das Licht hinter dem Schatten sehen; diese Lichtlinie, welche gelb und grünlich erschien, war jedoch in Norden breiter, als in Süden, wo sie eine lohgelbe Farbe hatte. Es war zu dieser Zeit hinter uns, d. h. in Osten gegen London zu, zu dunkel, als daß ich die jenseits Andoves liegenden Hügel hätte sehen können: denn das vordere

Ende des Schattens ging weit über diesen Ort hinaus. Der Horizont war also um diese Zeit in vier Theile getheilt, welche der Größe, des Lichts und der Dunkelheit nach verschieden waren. Der breiteste und dunkelste Theil lag gegen Nord-West und der längste und hellste gegen Süd-West. Die ganze Veränderung, welche ich während der Dauer der Erscheinung bemerken konnte, bestand darin, daß sich der Horizont in zwei Theile theilte, wovon der eine hell und der andre dunkel war. Die mitternächtliche Halbkugel nahm an Helligkeit und Ausdehnung zu und die beiden entgegengesetzten Theile vereinigten sich."

„Wie der Schatten, so kam auch das Licht wieder von Norden zu unserer rechten Seite. Ich konnte zwar auf der Erde, welche ich aufmerksam beobachtete, nach dieser Seite weder das Licht, noch den Schatten genau unterscheiden; aber es war ersichtlich, daß es nur allmählig fortrückte, indem es gleichsam Schwingungen machte und dann schnell weiter ging, bis ich endlich, als ich an dem Orte, wo die Sonne stand, den ersten leuchtenden Punkt am Himmel sah, wo ich dann auch einige Zeit hindurch einen Lichtrand ziemlich deutlich bemerkte, welcher von dieser Seite auf uns zurückte. Da ich also annehmen konnte, daß die Finsterniß für uns beendigt war, so sah ich nach meiner Uhr und fand, daß der Zeiger 3½ Minute durchlaufen hatte. Die Spitzen der Hügel bekamen alsdann ihre natürliche Farbe wieder und ich konnte an dem Orte, wo vorher der Mittelpunkt der Dunkelheit war, den Horizont sehen. Meine Begleiter riefen mir zu, daß sie den schroffen Abhang,

auf welchen sie ihre Augen aufmerksam gerichtet hatten, wieder sähen. Nach Süd-Ost zu blieb es zwar noch dunkel; allein man konnte den Horizont doch zuweilen unterscheiden. Sobald das Licht wieder angekommen war, hörten wir die Lerchen singen, nachdem vorher ein tiefes und allgemeines Stillschweigen statt gefunden hatte. Der Himmel und die Erde erschienen jetzt wie des Morgens vor dem Aufgang der Sonne. Der erstere nahm eine graue mit etwas mehr Blau gemischte Farbe an und die letztere bekam, so weit ich sehen konnte, eine grüne ins Rothe spielende Farbe."

„Sobald die Sonne erschien, verdickten sich die Wolken und das Licht nahm während einiger Minuten nicht zu, wie dieses des Morgens der Fall ist, wenn der Himmel mit Wolken bedeckt ist. Von dem Augenblick an, wo die Finsterniß total war, bis zu dem Augenblick, in welchem die Sonne wieder hervortrat, sahen wir die Venus genau; aber keinen andern Stern. In diesem letzten Augenblicke sahen wir auch den Thurm von Salisbury. Da sich die Wolken nicht vertheilten, so konnten wir unsere Beobachtungen nicht weiter fortsetzen; aber gegen Abend wurde der Himmel wieder hell. Ich beeilte mich, daß ich nach Hause kam, um diesen Brief zu schreiben. Dieses Schauspiel hat auf meinen Geist einen solchen Eindruck gemacht, daß ich alle Umstände desselben nach langer Zeit mit derselben Genauigkeit beschreiben könnte, als jetzt. Nach dem Abendessen habe ich nach meiner Phantasie eine Zeichnung davon entworfen und zwar auf demselben Papier, auf welches ich die Gegend gezeichnet hatte."

„Ich glaube, daß ich der einzige in England bin, welcher das Vorhandenseyn der Wolken bei diesem Ereignisse nicht bedauert: denn dadurch wurde nach meiner Ansicht die Erscheinung viel interessanter, als die 1715, welche ich von dem Thurm Boston in Lincolnshire, wo die Luft sehr rein war, beobachtete. Hier sah ich zwar die beiden Schattenseiten von Weitem kommen und weit über uns hinausgehen; aber die letzte Finsterniß bot viel mehr Verschiedenheiten dar und machte einen viel schreckhaftern Eindruck, so daß ich mich glücklich schätze, diese beiden seltenen Naturerscheinungen auf eine so verschiedene Weise gesehen zu haben. Ich würde jedoch gern auf dieses Vergnügen verzichten, wenn ich den kostbaren Vortheil genießen könnte, zur Vervollkommnung der Theorie der Himmelskörper beigetragen zu haben, wovon Sie der Welt ein so treffliches Beispiel gegeben."

Dreizehnte Vorlesung.

Von der Ebbe und Fluth.

Die Erscheinung der Ebbe und Fluth findet hier ihre natürliche Erklärung. Man hat über die Ursache der regelmäßigen und periodischen Strömungen des Weltmeers eine Menge verschiedener Hypothesen aufgestellt und obgleich ihr Zusammenhang mit den Bewegungen des Mondes schon seit den ältesten Zeiten bemerkt ist, so hat doch Kepler zuerst gefunden, daß die Anziehung dieses Gestirns die Hauptursache dieser Erscheinung ist. Newton zeigte darauf, daß diese

Meinung mit den Gesetzen der Gravitation in Uebereinstimmung ist und durch die aus dem Keplerschen Princip abgeleiteten Folgerungen erklärt er, wie die Ebbe und Fluth auf den beiden dem Mond entgegengesetzten Seiten der Erde entsteht und diese Theorie ist jetzt über allen Zweifel erhoben.

Die Gewässer des Meers haben eine solche Beweglichkeit, daß sie dem kleinsten Druck nachgeben. Der Ocean ist nach allen Seiten offen und die großen Meere stehen mit einander in Verbindung. Diese Umstände tragen zur Entstehung der Ebbe und Fluth bei, deren Grund hauptsächlich in der vereinten Wirkung der Sonne und des Mondes liegt.

Betrachten wir daher zuerst die Wirkung des Mondes. Es ist klar, daß die ungleiche Anziehung des Mondes die Ebbe und Fluth hervorbringt und daß diese Erscheinung nicht statt finden würde, wenn der Mond auf den ganzen Ocean gleichförmig wirkte, d. h. wenn er alle Theilchen des Meers mit derselben parallelen Kraft wie den Schwerpunkt der Erde anzöge: denn da alsdann das ganze System der Theile, woraus die Erde besteht, eine gleiche gemeinschaftliche Bewegung hätte, so würde das Gleichgewicht aller dieser Theile nicht gestört werden. Dieses Gleichgewicht wird also nur dadurch gestört, daß der Mond nicht alle Theile des Meers mit derselben Stärke und nach parallelen Richtungen anzieht. Man begreift in der That leicht, daß die Anziehung des Mondes, welche auf die Theile des Meers, die mit ihm in den Quadraturen sind, in schiefer Richtung wirkt und folglich ihre Schwere

vergrößert, während die Schwere der gerade unter ihm befindlichen Theile durch diese Anziehung vermindert wird. Soll also das Gleichgewicht statt finden, so muß das Wasser unter dem Mond höher steigen, damit der Unterschied des Gewichts durch die größere Höhe aufgehoben wird. Die Bestandtheile des Meers, welche in dem entsprechenden Theile der entgegengesetzten Halbkugel liegen, werden von dem Monde nicht so stark angezogen, als der Mittelpunkt der Erde, weil sie weiter vom Mond entfernt sind. Der Mittelpunkt der Erde strebt sich also von jenen Theilchen zu entfernen, welche auch in dieser Höhe erhalten werden, weil die Theilchen in den Quadraturen, welche mit ihnen in Verbindung stehen, eine größere Schwere haben.

Wir wollen uns dieses an einer Figur deutlich machen. Es sey ABCDEFGH Fig. 34 Taf. 2 die Erde und M der Mond. Da die Stärke der Anziehung im umgekehrten Verhältniß des Quadrats der Entfernungen abnimmt, so werden die in Z befindlichen Wassertheilchen stärker angezogen, als die in B und F und folglich muß das Wasser in Z höher steigen. Dagegen ist der Mittelpunkt O der Erde dem Monde näher, als die Wassertheilchen in N und er wird daher stärker angezogen, als diese oder mit andern Worten, er entfernt sich von den in N befindlichen Wassertheilchen, welche durch die schwerern Theilchen in den Quadraturen in dieser größern Entfernung oder Höhe erhalten werden. Die Wassertheilchen in den Quadraturen B und F sind deswegen schwerer, weil die Anziehung des Mondes auf sie in schiefer Richtung und folglich

zum Theil mit nach der Richtung der Schwere wirkt. Die in B und F befindlichen Wassertheilchen haben also ein Bestreben, sich dem Mittelpunkt O der Erde zu nähern. Hieraus folgt, daß das Wasser unter dem Mond in Z und auf der entgegengesetzten Seite in N steigt, so daß die Erde die Form eines länglichen Sphäroids bekommt, dessen große Axe durch den Mittelpunkt der Erde und des Mondes geht. Man sieht hieraus, daß das Wasser in jedem Orte nur zweimal in einem Monat steigen würde, wenn sich die Erde nicht um ihre Axe drehte. Wir wollen daher sehen, welche Veränderung durch diese Drehung in der Erscheinung hervorgebracht wird.

Durch die Drehung der Erde um ihre Axe kommen die höchsten Punkte des Wassers aus ihrer Lage unter dem Mond und zwar bewegen sie sich in der Richtung der Umdrehung; aber das Wasser folgt der erhaltenen Anziehung nach und steigt höher, obgleich es sich nicht mehr gerade unter dem Monde befindet, wo also die Wirkung dieses Gestirns nicht mehr so stark ist. Das Wasser erreicht also seine größte Höhe in einem bestimmten Ort erst dann, wenn der Mond durch den Meridian gegangen ist. In den offenen Meeren, wo sich die Gewässer frei bewegen können, steht der Mond in P, wenn in Z und N das Wasser am höchsten steht. Man sieht in der That leicht ein, daß selbst dann, wenn die Anziehung des Mondes, nachdem er durch den Meridian gegangen ist, ganz aufhörte, die aufsteigende Bewegung der Gewässer noch einige Zeit hindurch statt finden würde und folglich muß dieses um so mehr der Fall seyn, wenn diese Anziehung nur vermindert wird.

Dagegen muß das Wasser, wenn es durch die Anziehung des Mondes in Z und N steigt, in B und F fallen: denn es kann nicht in einem Orte steigen, ohne an einem andern zu fallen; und umgekehrt fällt es in N und Z, wenn es in B und F steigt. Aber vermöge der Umdrehungsbewegung der Erde geht der Mond alle Tage durch den obern und untern Meridian jedes Orts und bringt also zweimal ein Steigen und Fallen des Wassers hervor, welches auch in der That statt findet.

Wir haben bisher nur die Anziehung des Mondes allein betrachtet und wir wollen nun sehen, wie sich die der Sonne damit verbindet.

Die Anziehung, welche die Sonne auf die Erde ausübt, ist viel beträchtlicher, als die des Mondes; da aber die Entfernung der Sonne von der Erde fast 400 Mal größer ist, als die des Mondes, so wirkt ihre Anziehung auch weit mehr nach parallelen Richtungen und folglich fast auf alle Punkte der Erde gleich stark. Da wir aber gesehen haben, daß nur die ungleiche Wirkung des Mondes auf die verschiedenen Punkte der Erde die Ebbe und Fluth hervorbringt, so muß die Wirkung der Sonne, welche viel gleichartiger ist, zur Hervorbringung derselben Erscheinung weniger geeignet seyn. Man hat berechnet, daß ihre Wirkung ungefähr $2\frac{1}{2}$ Mal geringer ist, als die des Mondes; aber sie ist dennoch stark genug, um eine Ebbe und Fluth hervorzubringen, so daß es eigentlich zwei verschiedene Arten von Ebbe und Fluth gibt, die in den Anziehungen des Mondes und der Sonne ihren Grund haben, deren Wirkungen sich vereinigen

oder einander theilweise aufheben, je nachdem die Kräfte, welche sie hervorbringen, nach einerlei oder nach entgegengesetzten Richtungen wirken. Wenn also der Mond voll oder neu ist, d. h. in den Syzygien Fig. 35 Taf. 2, so befinden sich beide Gestirne, die Sonne und der Mond, in demselben Meridian; ihre Wirkungen vereinigen sich daher und müssen also den größten Erfolg haben. Befindet sich dagegen der Mond in der Quadratur Fig. 36, so hat er ein Bestreben, die Gewässer zu heben, welche die Sonne zu erniedrigen strebt, und umgekehrt, so daß sich die Anziehungen beider Gestirne theilweise aufheben, und die Wirkung muß folglich die möglichst kleinste seyn.

Hieraus folgt, daß die Fluth in dem Augenblick am höchsten seyn müßte, wo die vereinte Anziehung der Sonne und des Mondes die größte Stärke erlangt hat; allein wir haben schon gesehen, daß dieses nicht der Fall ist. Die Tage des Neumondes, wo die Anziehungen der Sonne und des Mondes nach derselben Richtung wirken, sind diejenigen, worin beide Gestirne in demselben Augenblicke durch den Meridian gehen, nämlich des Mittags, und alsdann ist ihre Anziehungskraft am größten. Dessen ungeachtet ist die Fluth erst einige Zeit nach Mittag am höchsten. Die Erfahrung hat gelehrt, daß die Fluth, welche in den Tagen des Neumondes statt findet, schon 36 Stunden vorher durch die Anziehung der Sonne und des Mondes bewirkt ist und ferner hat man bemerkt, daß zu dieser Zeit die Fluth immer um dieselbe Stunde statt findet. Hieraus hat man geschlossen, daß die Zeit zwi-

schen dem Augenblicke der höchsten Fluth und zwischen dem Augenblicke, wo beide Gestirne die größte Anziehung ausüben, beständig dieselbe ist. Die zweite Folgerung, welche man aus diesen beiden Erscheinungen abgeleitet hat, besteht darin, daß sich die Anziehungskraft der Sonne und des Mondes in den Häfen und an den Küsten durch die successive Mittheilung der Wellen und Strömungen zu erkennen gibt. Wir haben schon bemerkt, daß die Sonne und der Mond in den Tagen des Neu- oder Vollmondes alsdann die stärkste Anziehung ausüben, wenn sie zugleich durch den Meridian gehen und dasselbe ist bei dem ersten und letzten Viertel der Fall. An den andern Tagen tritt dieser Augenblick der stärksten Wirkung der Gestirne früher oder später ein, als ihr Durchgang durch den Meridian; aber beide Zeitpunkte entfernen sich nicht merklich von einander, weil die Wirkung des Mondes, wie wir gesehen haben, viel beträchtlicher ist, als die der Sonne. Diese Wirkungen und das frühere oder spätere Eintreten der höchsten Fluth vor oder nach dem Durchgange des Mondes durch den Meridian ändern sich, je nachdem sich beide Gestirne der Erde nähern oder von ihr entfernen, je nachdem ihre Declinationen zu- oder abnehmen. Die Fluthen sind am höchsten und die Ebben am niedrigsten zur Zeit der Aequinoctien im März und September, weil zu dieser Zeit alle Umstände, welche auf das Steigen der Gewässer Einfluß haben, zusammenwirken und die größte Wirkung hervorbringen.

Die Hauptumstände, welche die Erscheinung der Ebbe und Fluth darbietet, sind folgende:

Das Meer strömt in ungefähr 6 Stunden von Osten nach Westen, indem es allmählig höher steigt; es bleibt fast eine Viertelstunde still stehen und zieht sich alsdann während andrer 6 Stunden von Westen nach Osten zurück. Nach einer zweiten Ruhe von einer Viertelstunde fängt es wieder an, von Osten nach Westen zu strömen u. s. f.

Die Zeit der Ebbe und Fluth beträgt ungefähr 12 Stunden 25 Minuten, d. h. die Hälfte eines Mondstages von 24 Stunden 50 Minuten oder der Zeit, welche zwischen zwei auf einander folgenden Durchgängen des Mondes durch denselben Meridian verfließt. Es findet also an einem bestimmten Orte so oft Ebbe und Fluth statt, als der Mond durch den Meridian geht, sowohl durch den obern, als durch den untern, d. h. in 24 Stunden 50 Minuten zweimal.

Diese Gesetze der Ebbe und Fluth würden mit den Erscheinungen vollkommen übereinstimmen, wenn die Gewässer des Meers die ganze Erdoberfläche bedeckten; dieses ist aber nicht der Fall und nur das offene Meer bietet sie einigermaasen dar, wie wir sie angegeben haben, weil das Weltmeer eine hinreichend große Ausdehnung hat, daß die Sonne und der Mond frei darauf wirken können. Aber diese Erscheinungen werden in der Nähe der Küsten durch die Richtung der Winde, die Lage der Ströme und durch eine Menge zufälliger Beschaffenheiten des Bodens nothwendig modificirt.

Die Ebbe und Fluth ist auch in den großen Flüssen, worin das Wasser steigt und fällt, bemerkbar und zuweilen 200 Meilen von der Mündung. In den Seen findet keine Ebbe und

Fluth statt, weil sie zu klein sind, als daß die ungleiche Wirkung des Mondes merklich seyn sollte. Er geht auch so schnell über ihre Oberfläche hin, daß die Zeit zu kurz ist, als daß das Gleichgewicht der Gewässer gestört werden könnte.

Wenn man in dem mitelländischen Meer und in der Ostsee keine Ebbe und Fluth bemerkt, so hat dies seinen Grund darin, daß die Oeffnungen, durch welche diese beiden großen Seen mit dem Weltmeer in Verbindung st.hen, so eng sind, daß sie in einer so kurzen Zeit nicht eine hinreichende Menge von Wasser aufnehmen können, daß ihr Niveau merklich erhöht würde.

An den westindischen Inseln steigt und fällt das Meerwasser sehr wenig und dieses Steigen und Fallen beträgt selten über 12 bis 15 Zoll. Diese Erscheinung muß um so auffallender seyn, da in diesen Gegenden die Anziehungen des Mondes und der Sonne sehr stark sind, weil sie nahe bei dem Aequator liegen. Allein man sieht leicht ein, daß das Steigen und Fallen des Meerwassers in der Nähe dieser Inseln nicht bedeutend seyn kann, wenn man bedenkt, daß sich die Erde von Westen nach Osten dreht und die Fluth sich nach entgegengesetzter Richtung bewegt, sich an der amerikanischen Küste, welche sich hier endigt, wie eine große Welle stößt und dadurch verhindert wird, dem Monde zu folgen und in das stille Meer zu treten. Ueberdies wirken auch die Passatwinde, welche hier beständig von Osten wehen, dem Zurücksinken des Wassers entgegen.

Dieselben beiden Ursachen bringen auch in dem mexikanischen Meerbusen eine sehr merkwür-

dige Erscheinung hervor. Die Winde und die Anziehung des Mondes und der Sonne treiben nämlich die Gewässer beständig in diese weite Vertiefung, sie steigen daselbst über das allgemeine Niveau und werden durch jene Ursachen verhindert, zurückzugehen. Diese Gewässer strömen daher um die westliche Küste von Cuba nach Norden gegen die amerikanische Küste und bilden die so merkwürdige Strömung des Floridanischen Meerbusens. Daß sich die Gewässer in dem Mexikanischen Meerbusen anhäufen, erhellt daraus, daß, wenn man sich das Niveau daselbst durch die Landenge von Panana fortgesetzt denkt, dasselbe 40 Fuß höher ist, als das des stillen Meers.

Da die Luft noch leichter und beweglicher, als das Wasser ist, so muß sie auch der vereinten Wirkung der Sonne und des Mondes folgen und es müssen folglich auch Ebben und Fluthen darin statt finden. Diesem scheint jedoch beim ersten Anblick die Erfahrung zu widersprechen, daß das Barometer keine Erhöhungen oder Erniedrigungen der Atmosphäre anzeigt. Es ist aber leicht einzusehen, daß die Veränderungen auf das Barometer keinen Einfluß haben können: denn die Luftsäulen müssen immer dasselbe Gewicht haben, wenn gleich ihre Höhen verschieden sind, und dieses war, wie wir gesehen haben, auch die Ursache der Ebbe und Fluth, deren Bestreben dahin ging, die Abnahme des Gewichts der Wassersäulen durch eine größere Höhe derselben zu ersetzen und so das Gleichgewicht zu erhalten.

Vierzehnte Vorlesung.

Bestimmung der geographischen Länge und Breite.

Zur Bestimmung der Lage eines Punkts auf einer Oberfläche muß man nothwendig seine Entfernungen von zwei festen Linien kennen und man nimmt der Einfachheit der Constructionen und Rechnungen wegen an, daß sich diese Linien unter einem rechten Winkel schneiden. Auf der Kugeloberfläche nimmt man zwei sich unter rechten Winkeln schneidende größte Kreise als diese festen Linien an und das Verfahren, welches zur Bestimmung der Lage der verschiedenen Punkte der Erdoberfläche angewandt wird, ist dasselbe, wie bei der Bestimmung der Lage der Gestirne: denn man braucht nur den Parallelkreis zu kennen, auf welchem sich der zu bestimmende Punkt befindet, und seine Lage auf diesem Kreise, d. h. die geographische Breite und Länge dieses Punkts.

Die geographische Breite eines Orts wird aber erhalten, wenn man die Höhe des Pols über dem Horizont desselben bestimmt, weil sie immer dieser Höhe gleich ist. Denn ist z. B. der Punkt C' Fig. 13 Taf. 1 30 Grade nördlich vom Aequator entfernt, so ist F sein Zenith, der größte Kreis HOR sein Horizont und EOZ der Aequator, welcher ebenfalls 30 Grade vom Zenith F entfernt ist und folglich 60 Grade vom Horizont. Die Polhöhe beträgt also 30 Grade und wird durch den Winkel HCP gemessen.

Die Polhöhe eines Orts C' wird aber offenbar gefunden, wenn man die halbe Summe der

größten und kleinsten Höhe $\frac{1}{2}$ (HS' + Hs) eines nicht untergehenden Sterns S bestimmt.

Da es aber in der andern Halbkugel einen Parallelkreis gibt, dessen Punkte eben so weit vom Aequator entfernt sind, so muß noch angegeben werden, ob die geographische Breite nördlich oder südlich ist.

Die Bestimmung der geographischen Länge bietet aber mehr Schwierigkeiten dar. Um sie zu erhalten, muß man die Anzahl der Grade rc. des Aequators bestimmen, welche zwischen dem Meridian des zu bestimmenden Orts und dem eines bekannten Orts liegen. Dieser Bogen des Aequators wird aber leicht gefunden, wenn man die Stunde des Beobachtungsorts und die des als bekannt angenommenen Orts kennt. Denn da jeder Punkt der Erdoberfläche vermöge ihrer Umdrehung um ihre Axe den ganzen Umkreis oder 360 Grade in 24 Stunden beschreibt, so beschreibt er in einer Stunde 15 Grade. Wenn also die geographische Länge zweier Orte um 15 Grade verschieden ist, so hat der westlichere die Sonne eine Stunde später im Meridian, als der andre und in diesem Ort ist es Mittag, während es in dem erstern 11 Uhr Morgens ist. Wenn der Unterschied der geographischen Länge der beiden Punkte 30 Grade beträgt, so beträgt der Unterschied ihrer Zeiten 2 Stunden u. s. f. Wenn also der Stundenunterschied gegeben ist, so ist nichts leichter, als den Unterschied der geographischen Längen zu finden und umgekehrt.

Die ganze Schwierigkeit besteht also darin, diesen Unterschied der Stunden beider Oerter zu

bestimmen und man hat dazu verschiedene Mittel, wovon wir nur einige anführen wollen.

Die Zeiten der Sonnen- und Mondfinsternisse, der Sternenbedeckungen durch den Mond, die Verfinsterungen der Jupiterstrabanten ꝛc. werden für gewisse Oerter von den Astronomen auf mehrere Jahre vorherbestimmt. Befindet sich daher ein Reisender östlich oder westlich von dem Meridian eines dieser Oerter und beobachtet er eine dieser Finsternisse oder Sternbedeckungen, so kann er vermittels der astronomischen Tafeln die Stunde bestimmen, welche es unter dem Meridian jener Oerter ist, und der Unterschied zwischen dieser Stunde und der des Beobachtungsorts gibt ihm seine geographische Länge. So oft der Himmel hell ist, kann man sich solcher Beobachtungen bedienen, weil jene Erscheinungen jeden Tag statt finden und man braucht sogar zu diesem Zwecke nicht einmal sehr kostspielige Instrumente; aber auf dem Meere ist die Beweglichkeit des Schiffs hinderlich.

Man bedient sich daher zur Bestimmung der geographischen Länge auf dem Meere der sogenannten Chronometer, welches ähnliche Uhren wie die gewöhnlichen Taschenuhren sind, aber genauer gearbeitet und mit einem Compensator versehen, d. h. mit einer Vorrichtung, wodurch der Einfluß der Temperaturveränderung auf den Gang der Uhr aufgehoben wird, so daß sie ungeachtet der Veränderungen der Temperatur und der Erschütterungen auf einer langen Reise doch einen regelmäßigen Gang behalten. Bei der Abfahrt des Schiffs stellt man das Chronometer genau nach der Zeit des Orts, von wo man aus-

fährt und worauf man seine geographische Länge beziehen will. Alsdann hat man während der ganzen Reise den Unterschied der Zeiten des Orts, wo man sich befindet und von wo man ausging und folglich auch den Unterschied der geographischen Länge.

Hieraus erhellt, daß dieses letztere Verfahren zur Bestimmung der geographischen Länge so einfach und leicht ist, daß es überflüssig wäre, sich irgend eines andern zu bedienen, wenn man auf die Richtigkeit der Angaben des Chronometers immer mit Sicherheit rechnen könnte, welches leider nicht immer der Fall ist, obgleich diese Instrumente gegenwärtig mit einer außerordentlichen Vollkommenheit verfertigt werden.

Der Meridian, auf welchen jeder Astronom seine Beobachtungen bezieht, ist ganz willkührlich und bei den verschiedenen Völkern verschieden. Man hat lange Zeit den durch die Insel Ferro, die westlichste der Canarischen Inseln, gehenden Meridian für den ersten genommen; allein dieses ist jetzt nicht mehr der Fall und jedes Volk nimmt den durch seine Hauptstadt gehenden Meridian für den ersten.

Funfzehnte Vorlesung.

Von der Atmosphäre in astronomischer Beziehung.

Die Atmosphäre ist die gasförmige Hülle, welche unsere Erde umgibt. Ehe wir ihren Einfluß auf die Beobachtung der astronomischen Erscheinungen untersuchen, ist es nöthig, einen Au-

genblick bei der Betrachtung einiger Eigenschaften derselben stehen zu bleiben.

Zuerst bietet sich die Frage dar: wie hoch ist die Atmosphäre? Diese Frage ließe sich vermittels eines der wichtigsten physikalischen Instrumente beantworten, nämlich vermittels des Barometers, welches zur Messung der Schwere der Luft bestimmt ist, wenn die Luft in allen Höhen über der Erdoberfläche gleich dicht wäre. Man begreift in der That leicht, daß das Barometer, wenn man es successive in verschiedene Höhen der Erdoberfläche bringt, Unterschiede in dem Gewichte der Luftsäule an diesen verschiedenen Punkten anzeigen muß und eine einfache Proportion würde hinreichen, die Höhe der Atmosphäre zu bestimmen, wenn sie überall dieselbe Dichtigkeit hätte. Da aber die Gase sehr zusammendrückbar sind, so müssen die untern Schichten, welche das Gewicht der obern zu tragen haben, nothwendig mehr zusammengedrückt seyn und die Dichtigkeit der Atmosphäre muß von den untern Schichten nach den obern abnehmen. Soll also die Quecksilbersäule des Barometers um gleich viel abnehmen, so muß man um desto beträchtlichere Höhen steigen, je mehr man sich erhebt. Nimmt man die Temperatur der Luft als überall gleich an, so zeigt die Rechnung, daß die Höhen der Quecksilbersäule in geometrischer Progression abnehmen, wenn die Unterschiede der Erhöhungen über dem Niveau des Meers in arithmetischer Progression wachsen. Allein man muß hierbei auf die Temperatur und auf den hygrometrischen Zustand der verschiedenen Luftschichten Rücksicht nehmen. Man hat auf diese

Weise berechnet, daß die mittlere Höhe der Atmosphäre 16 bis 17 Meilen, ihr Volumen $\frac{1}{29}$ und ihr Gewicht blos $\frac{43}{1000}$ von dem der Erde beträgt.

Was befindet sich aber jenseits der Atmosphäre? Befindet sich dort irgend eine Flüssigkeit oder ein absoluter leerer Raum? Man begreift in der That nicht, wie sich die Gelehrten so lange Zeit mit dieser Frage haben beschäftigen können, da es eigentlich gar keine ist. Wie kann der Himmelsraum absolut leer seyn, da das Licht in demselben verbreitet ist und welche Meinung man auch hinsichtlich des letztern annehmen mag, indem man es als eine wirkliche Ausströmung materieller Substanz aus den leuchtenden Körpern oder als eine Flüssigkeit, welche von diesen Körpern in Bewegung gesetzt wird, betrachtet: so ist doch bei der einen oder der andern Annahme einleuchtend, daß der absolut leere Raum nicht statt finden kann.

Die Wirkung der Atmosphäre auf die durch sie hindurch gehenden Lichtstrahlen ist besonders in astronomischer Beziehung von Wichtigkeit.

Wir haben früher die Veränderung kennen gelernt, welche das Licht erleidet, wenn es aus einem Mittel in ein anderes übertritt, wie es gebrochen und wie seine Strahlen zerlegt werden. Von dieser Eigenschaft rühren die verschiedenen Nüancen des Sonnenlichts bei ihrem Auf- und Untergange her. Der Brechung der Lichtstrahlen durch die Atmosphäre ist es ferner zuzuschreiben, daß es nicht plötzlich Tag und Nacht wird, sondern daß der allmählige Uebergang von dem einen zur andern durch die Dämmerung vermittelt wird. Die Dämmerung ist nach den verschiede-

nen Jahreszeiten und Oertern verschieden. Man hat berechnet, daß die Dämmerung erst dann ganz aufhört, wenn die Sonne 18 Grade unter dem Horizont steht.

Eine der Wirkungen der atmosphärischen Strahlenbrechungen besteht darin, daß die scheinbaren Lagen der Gestirne dadurch verändert werden. Denn da die Dichtigkeit der verschiedenen atmosphärischen Schichten desto mehr zunimmt, je mehr sie sich der Oberfläche der Erde nähern, so können sie als verschiedene brechende Mittel betrachtet werden. Die Lichtstrahlen werden also, indem sie aus der einen in die andere Schicht übertreten, immer mehr gebrochen und da die Dichtigkeit allmählig zunimmt, so ist der Weg des Lichtstrahls nicht eine gebrochene, sondern eine krumme Linie, deren hohle Seite der Erdoberfläche zugekehrt ist. Man sieht nun leicht ein, weswegen man die Sterne in Folge der atmosphärischen Strahlenbrechung über ihrem wahren Orte sehen muß: denn da wir sie immer in diejenige geradlinige Richtung versetzen, welche der Lichtstrahl in dem Augenblicke hat, wo er ins Auge tritt: so sehen wir sie auf der Verlängerung der Tangente, welche die von dem Lichtstrahl beschriebene krumme Linie in dem Punkte berührt, wo er in das Auge tritt. Durch die Strahlenbrechung wird also die scheinbare Höhe der Gestirne vergrößert.

Von dem Horizontalmonde.

Es ist hier der Ort, eine Erscheinung zu erklären, welche der Mond zeigt, wenn er am Horizont steht und welche unter dem Namen des

Horizontalmonds bekannt ist. Der Mond hat nämlich alsdann eine länglich runde Form und er erscheint viel größer, aber nicht so hell, als wenn er im Meridian steht.

Daß der Mond im Horizont nicht so hell erscheint, als im Meridian, hat offenbar seinen Grund darin, daß die von ihm ausgehenden Lichtstrahlen in der ersten Lage eine viel dickere und dichtere atmosphärische Schicht zu durchdringen haben, als in der zweiten, wie aus Fig. 37 Taf. 5 erhellt. Es kann daher nicht befremden, daß diese Lichtstrahlen viel schwächer und gefärbter sind, besonders wenn man bedenkt, daß sie nahe an der Oberfläche der Erde durch viele Dünste hindurch gehen.

Mit der Erklärung der größern scheinbaren Größe der Mondsscheibe am Horizont, als im Meridian haben sich die Physiker viel beschäftigt. Gassendi meinte, daß wir, wenn wir den Mond im Horizont betrachteten, wo er nicht so hell ist, die Pupille mehr öffneten, als wenn wir ihn im Meridian betrachten, wo er einen größern Glanz hat, und daß er uns daher in der ersten Lage größer erschiene, als in der zweiten. Sollte dieser Schluß aber zulässig seyn, so müßten die Veränderungen in der Oeffnung der Pupille auch Veränderungen des Bilds auf der Netzhaut zur Folge haben. Allein diese Annahme steht mit den optischen Gesetzen in Widerspruch und ihre Unrichtigkeit wird durch genauere Versuche dargethan. Andere Physiker dagegen haben gemeint, daß uns der Mond im Horizont des-

wegen größer erscheint, weil wir ihn für entfernter halten und auch wirklich bei dem Acte des Sehens zweierlei, nämlich der Winkel, unter welchem wir den Gegenstand sehen, und die Entfernung, in welcher wir ihn annehmen, in Betracht kommt. Diese Meinung ist die richtige; denn der Mond scheint uns im Horizont entfernter zu seyn, als im Meridian, welches zum Theil seinen Grund darin mit hat, daß wir ihn mit Gegenständen auf der Erdoberfläche vergleichen und daß das Himmelsgewölbe uns am Zenith abgeplattet erscheint. Nun haben wir aber schon früher gesehen, daß ein Irrthum in der Abschätzung der Entfernung eines Gegenstands auch auf seine scheinbare Größe Einfluß hat und da wir den Mond am Horizont für entfernter halten, so erscheint er uns, ungeachtet desselben Sehwinkels, größer.

Wenn der Mond am Horizont steht, so erscheint er nicht unter einer kreisförmigen, sondern unter einer länglich runden Form, d. h. sein verticaler Durchmesser ist kleiner, als der horizontale. Dieses kommt daher, daß die von dem untern Rande des Mondes ausgehenden Lichtstrahlen mehr gebrochen werden, als die von dem obern Rand ausgehenden, weil sie in schieferer Richtung in die Atmosphäre treten und zugleich durch dichtere Luftschichten gehen müssen, wodurch also der verticale Durchmesser des Mondes verkleinert wird, während der horizontale Durchmesser durch die Strahlenbrechung nicht geändert wird, weil die von seinen Endpunkten ausgehenden Lichtstrahlen gleich stark gebrochen werden.

Sechszehnte Vorlesung.

Von den Tagen und Nächten und von den Jahreszeiten.

Wir haben bereits gesehen, daß, wenn die Umdrehungsaxe der Erde auf der Ebene der Ekliptik senkrecht wäre, die Tage und Nächte in allen Orten der Erde von gleicher Dauer seyn würden. Da dieses aber nicht der Fall ist, sondern die Axe der Erde vielmehr unter einem Winkel von 66° 32′ geneigt ist: so sieht man leicht ein, daß hierin der Grund der Verschiedenheit der Tage und Nächte in den verschiedenen Orten der Erde liegt.

Ist z. B. Z Fig. 18 Taf. 1 das Zenith und Hh der Horizont für Paris, wovon die geographische Breite ungefähr 48° beträgt, Pp die Erdaxe und Ee der Aequator: so beschreibt die Sonne S, wenn sie im Aequator steht, den Kreis Ee, welchen der Horizont Hh in zwei gleiche Theile theilt. Die Sonne ist also eben so lange über, als unter dem Horizont und die Tage und Nächte sind folglich von gleicher Dauer. Wenn sich aber die Sonne dem Südpol nähert und 23° 28′ vom Aequator entfernt ist oder den Wendekreis des Steinbocks erreicht hat: so beschreibt sie den Kreis S′M, welchen der Horizont Hh in zwei ungleiche Theile theilt, wovon der größte unter und der kleinste über dem Horizont liegt, und die Nächte sind viel länger, als die Tage. Wenn endlich die Sonne eine nördliche Declination von 23° 28′ erreicht hat, so steht sie im Wendekreise des Krebses und beschreibt

den Kreis S″N, welchen der Horizont Hh in zwei ungleiche Theile theilt, wovon der größte über und der kleinste unter dem Horizont liegt; folglich sind alsdann die Tage länger, als die Nächte.

Wenn der Ort unter dem Aequator liegt, so fällt sein Zenith Z Fig. 19 Taf. 1 in die Ebene des Aequators Ee und sein Horizont Aa in die Erdaxe Pp. Nun mag die Sonne in S, S′ oder S″ seyn, d. h. im Aequator oder in den Wendekreisen stehen, so beschreibt sie immer Kreise, welche der Horizont in zwei gleiche Theile theilt. Unter dem Aequator sind also Tag und Nacht immer von gleicher Dauer.

Liegt der Ort dagegen unter den Polen Fig. 20 Taf. 1, so fällt sein Zenith Z mit dem Pol und sein Horizont Hh mit dem Aequator Ee zusammen. Steht alsdann die Sonne im Aequator, so beschreibt sie einen Kreis SH, welcher im Horizont liegt, und die Hälfte ihrer Scheibe ist über und die andere Hälfte unter dem Horizont. Wenn aber die Sonne S″ den Wendekreis des Krebses erreicht hat, so beschreibt sie den Kreis S″N ganz über dem Horizont, während sie, wenn sie im Wendekreise des Steinbocks steht, den Kreis S′M beschreibt, welcher ganz unter dem Horizont liegt. Die Oerter unter den Polen haben folglich die Sonne 6 Monate über und 6 Monate unter dem Horizont, d. h. einen Tag von 6 Monaten und eine eben so lange Nacht.

Für die Oerter unter dem Polarkreise liegt das Zenith eben so weit vom Pol, als der Wendekreis vom Aequator. Wenn also alsdann die

Sonne S im Aequator steht, so beschreibt sie den Kreis SE, welchen der Horizont in zwei gleiche Theile theilt, und die Tage sind folglich eben so lang, als die Nächte. Aber wenn sie im Wendekreise des Krebses steht, so beschreibt sie den Kreis S″N und berührt den Horizont blos mit ihrem untern Rand und der Tag ist folglich 24 Stunden lang. Wenn sie dagegen im Wendekreise des Steinbocks steht, so beschreibt sie den Kreis SM und bleibt 24 Stunden unter dem Horizont, welchen sie blos mit ihrem obern Rande berührt.

Wir haben bei dieser Auseinandersetzung angenommen, daß sich die Sonne um die Erde bewegt, während sich die Erde um ihre Axe dreht und um die Sonne bewegt; allein die Erscheinungen bleiben in beiden Voraussetzungen dieselben. Bei der Erklärung der Verschiedenheit der Jahreszeiten wollen wir jedoch die wirkliche Bewegung der Erde um die Sonne voraussetzen.

Es sey daher S Fig. 22 Taf. 1 die Sonne, T die Erde und ST die Linie, welche den Mittelpunkt der Sonne und der Erde verbindet, d. h. der R a d i u s v e c t o r. Dieser Radiusvector trifft die Oberfläche der Erde in A und alle Punkte, welche auf dem Parallelkreise AB liegen, bekommen die Sonne vermöge der Umdrehungsbewegung der Erde in ihr Zenith und haben folglich alsdann Sommer. Wenn der Punkt A der Sommersolstitialpunkt ist, so ist der durch die Umdrehung der Erde beschriebene Parallelkreis der nördliche Wendekreis und in dieser Lage ist die Ebene PST auf der Ekliptik senkrecht.

Aber wenn die Erde in Folge ihrer Bewegung um die Sonne in den gerade entgegengesetzten Punkt T′ gekommen ist, so trifft der Radiusvector die Oberfläche der Erde in A′ und der Parallelkreis A′B′, welcher in der vorhergehenden Lage die schiefsten Lichtstrahlen erhielt, bekommt sie jetzt senkrecht und die ihm entsprechenden Oerter haben Sommer, während die des entgegengesetzten Wendekreises Winter haben. Die Ebene S T′P′ ist wieder, wie im vorhergehenden Falle, senkrecht auf der Ebene der Ekliptik; aber der Winkel S T P, unter welchem sich die Erdaxe und der Radiusvector in der ersten Lage schneiden, ist spitz, während dieser Winkel S T′P′ in der zweiten Lage stumpf ist. In einer der zwischen liegenden Lagen ist er also ein rechter und er nimmt von T bis T′ zu, während er von T′ bis T abnimmt.

Wenn endlich der Radiusvector in den Punkten t und t′ auf der Erdaxe senkrecht ist, so scheint die Sonne den Aequator zu durchlaufen und alsdann ist Tag und Nacht auf der ganzen Erde gleich, d. h. es ist Herbst oder Frühling.

Der Theil der Erdoberfläche zwischen den Wendekreisen heißt die heiße Zone, weil die Sonnenstrahlen hier fast immer senkrecht auffallen und eine bedeutende Hitze hervorbringen.

Die Theile der Erdoberfläche, welche zwischen den Wendekreisen und den Polarkreisen liegen, haben eine gemäßigte Temperatur und werden daher die gemäßigten Zonen genannt.

Endlich heißen die Theile der Erdoberfläche, welche zwischen den Polarkreisen und den Polen liegen, die kalten Zonen.

Durch eine sehr einfache Vorrichtung läßt sich leicht zeigen, wie die Umdrehung der Erde um ihre Axe in Verbindung mit ihrer Bewegung um die Sonne die Erscheinung der Tage und Nächte und der Jahreszeiten hervorbringt.

Man nimmt einen Draht, z. B. von Eisen, und gibt demselben eine Kreisform, wie in Fig. 24 Taf. 1, welcher von der Seite aus gesehen als eine Ellipse erscheint. In den Mittelpunkt dieses Kreises stellt man ein brennendes Wachslicht und hängt eine künstliche Erdkugel von ungefähr 3 Zollen im Durchmesser an einem ihrer Pole, z. B. am Nordpol, mittels eines Fadens K auf. Wenn man alsdann den Faden dreht, so daß, wenn er sich wieder aufdreht, sich die Kugel von Westen nach Osten dreht, und man bringt die Kugel an den Kreisring, so zeigt die Aufeinanderfolge des Lichts und des Schattens die Folge der Tage und Nächte an. Wenn man aber, während sich die Kugel dreht, sie auch längs des Kreisrings fortbewegt, indem ihre Mitte immer in diesem Kreise bleibt: so wird die Erdkugel beständig von einem Pole bis zum andern erleuchtet, weil das Licht senkrecht ist auf dem Aequator, und jeder Ort der Erde befindet sich abwechselnd gleich lange im Licht und in der Finsterniß, wenn die Umdrehung der Erdkugel gleichförmig geschieht. Es sind also die Tage und Nächte immer einander gleich und dieses würde auch bei der Erde der Fall seyn, wenn die Axe der Erde auf ihrer Bahn senkrecht wäre. Es fände also auch der Wechsel der Jahreszeiten nicht statt und wir würden einen ewigen Frühling haben. Da dieses aber nicht der Fall ist,

so wollen wir den Drahtring, in welchem sich die Erde bewegt, gegen ihre Axe neigen und demselben z. B. die Lage A B C D geben. Bringen wir nun die Erdkugel in den niedrigsten Punkt Z des Ringes und lassen sich die Kugel um sich selbst drehen von Westen nach Osten und längs des Ringes in derselben Richtung fortrücken, so fallen die Lichtstrahlen fast senkrecht auf den Wendekreis des Krebses und der Nordpol wird erleuchtet. Vom Aequator bis zum nördlichen Polarkreis sind die Tage länger, als die Nächte und in der andern Halbkugel findet das Umgekehrte statt. Für die nördliche kalte Zone geht die Sonne nicht unter und für die südliche kalte Zone geht sie nicht auf. Aber wenn die Erdkugel in Folge ihrer fortrückenden Bewegung von H nach E gekommen ist, so nähert sich die Schattengrenze dem Nordpol und Südpol. Die Tage nehmen also in der nördlichen Halbkugel ab und in der südlichen zu, je weiter die Erde von H nach E fortrückt. Wenn sie sich in diesem Punkte befindet, so ist das Licht in der Ebene des Aequators, die Schattengrenze geht genau durch beide Pole und die Tage sind überall den Nächten an Länge gleich. Befindet sich endlich die Erdkugel in F und G, so finden dieselben Erscheinungen, aber in umgekehrter Ordnung statt.

Von der Temperatur der Erde.

Das Micrometer lehrt uns, daß die Sonne uns im Winter um den dreißigsten Theil ihrer Entfernung näher ist, als im Sommer und dessen ungeachtet ist die Temperatur der letztern

Jahreszeit viel höher, als die der erstern, wovon der Grund in folgenden drei Hauptumständen liegt. Erstens in der physischen Beschaffenheit der Atmosphäre, welche sich von einer dieser Jahreszeiten zur andern ändert; denn im Sommer ist die Luft im Allgemeinen trocken, aber im Winter enthält sie viel Wasserdämpfe, welche die Stärke der Sonnenstrahlen vermindern. Zweitens in der großen Schiefe, unter welcher die Sonnenstrahlen im Winter auf die Erde fallen. Endlich drittens darin, daß die Sonne im Sommer viel länger über dem Horizont ist, als im Winter und dieses ist die Hauptursache, weil des Nachts die Temperatur sinkt. Die Sonne brauchte, wie man berechnet hat, in der That auch mitten im Sommer nur 10 Tage unter dem Horizonte zu bleiben, wenn alles auf der Erdoberfläche erfrieren sollte, und hiernach läßt sich leicht beurtheilen, von welchem Einflusse die verschiedene Länge der Tage und Nächte auf die Veränderung der Temperatur ist. Die mittlere Temperatur nimmt vom 5. Januar bis zum 5. Juli zu und vom 5. Juli bis zum 5. Januar ab. Sie ist unter dem Aequator 27 bis 28 Grade. Aber man hat bemerkt, daß es auf der südlichen Halbkugel im Allgemeinen viel kälter ist, als auf der nördlichen, und der Grund davon liegt darin, daß ein großer Theil der erstern mit Wasser bedeckt ist, welches sich bekanntlich nicht so leicht, als der feste Boden erhitzt und weil ein großer Theil der darauffallenden Wärme durch die Verdunstung, das Gefrieren und durch das Schmelzen des Eises verbraucht wird.

Auch hat man bemerkt, daß die abendländischen Küsten der Festländer viel wärmer sind, als die morgenländischen und der Grund davon liegt in den Winden und der Lage der Meere. In unseren Gegenden und in Amerika sind die Westwinde vorherrschend und da dieselben von den Meeren kommen, so haben sie immer eine gemäßigte Temperatur; denn die Temperatur der Meere ist niemals sehr hoch, noch sehr niedrig und dieses erklärt sich daraus, daß das Wasser sehr beweglich ist und daß wegen des sich immer wieder herstellenden Gleichgewichts ein Theil der Oberfläche des Meeres nicht viel kälter seyn kann, als der andere. Sobald seine Temperatur sinkt, nimmt sein Gewicht zu und dieser Theil bewegt sich nach dem Innern des Meeres zu, wofür ein anderer Theil des Wassers an die Stelle tritt.

Hat aber die Erde eine eigenthümliche Wärme, oder erhält sie alle Wärme von der Sonne? Diese letztere Meinung ist von einigen aufgestellt; allein sie kann jetzt nicht mehr bei den gemachten Beobachtungen bestehen. Es ist bekannt, daß die Temperatur in einer gewissen Tiefe, unabhängig von der Wirkung der Sonne, immer dieselbe bleibt und die Versuche haben gezeigt, daß sie bei zunehmender Tiefe steigt und das Gesetz dieser Zunahme ist, daß die Temperatur fast um einen Grad steigt, wenn man 90 Fuß tiefer in die Erde geht.

Welches auch die Ursache dieser eigenthümlichen Wärme der Erde seyn mag, indem sie entweder davon herrührt, daß die Erde ursprünglich ein brennender Körper gewesen ist, oder von electrischen oder Wärmematerien, die in

der Natur verbreitet sind, so können wir doch so viel behaupten, daß sich die Temperatur der Erde wenigstens seit mehreren Jahrtausenden nicht geändert hat. Denn hätte sie früher im Allgemeinen eine höhere oder niedrigere Temperatur gehabt, so müßte sie auch, wegen der Ausdehnung der Körper durch die Wärme und ihrer Zusammenziehung durch die Kälte, ein größeres oder geringeres Volumen gehabt haben und alsdann hätte sie auch eine langsamere oder schnellere Umdrehung um ihre Axe gehabt. Allein man kann beweisen, daß sich die Länge des Sterntages, d. h. die Dauer einer Umdrehung der Erde um ihre Axe seit den ältesten Zeiten auch nicht um den hundertsten Theil einer Secunde geändert hat.

Wir haben gesehen, daß die Temperatur desto höher steigt, je tiefer man in das Innere der Erde dringt; aber das Gegentheil findet statt, wenn man sich über die Oberfläche der Erde erhebt. In dem gewöhnlichsten Zustande der Atmosphäre findet man, daß die Temperatur unter allen Klimaten auf gleiche Weise mit der Höhe abnimmt, wenn die untere Temperatur dieselbe ist; allein das Gesetz der Abnahme ändert sich mit dem Orte, so daß z. B. in den gemäßigten Zonen nach den Beobachtungen von Saussure die Temperatur im Winter jedesmal um 1 Grad sinkt, wenn man 230 Meter höher steigt und im Sommer, wenn man 160 Meter höher in die Höhe steigt. Es gibt also eine Höhe, wo die Temperatur die des Eises erreicht und hieraus erklärt es sich, weswegen auf hohen Bergen beständig Schnee liegt, und zwar in ungleichen

Höhen in den verschiedenen Klimaten. Die Abnahme der Temperatur in verschiedenen Höhen ändert sich auch mit den Jahreszeiten, der Lage der Oerter und auch mit dem mehr oder weniger durchsichtigen Zustande der Atmosphäre.

A. v. Humboldt hat von der Geographie der Pflanzen eine merkwürdige Anwendung auf die Höhe der mittleren Temperatur der Oerter gemacht. Dieser berühmte Naturforscher hat nämlich die Höhe und Temperatur der Zonen, wo jede Pflanze am besten gedeiht, im Allgemeinen bestimmt. Jede Pflanze kann bekanntlich nur innerhalb gewisser Grenzen der Temperatur existiren und die Ausdehnung dieser Grenzen wird durch das bessere oder schlechtere Fortkommen derselben angezeigt. Die Pflanzen, welche an jedem Orte wachsen, bieten also gewissermaasen eine Art lebendes Thermometer dar, welches dem Reisenden die niedrigste, mittlere und höchste jährliche Temperatur des Orts anzeigt.

Man sieht leicht ein, daß in einer so großen und beweglichen Masse als die Atmosphäre auch die kleinsten Kräfte die größten und dauerndsten Bewegungen hervorbringen können. Temperaturveränderungen, welche in Localumständen ihren Grund haben, können also Bewegungen in der Atmosphäre hervorbringen und noch größere und dauerndere Veränderungen müssen durch die jährliche Bewegung der Sonne und die Umdrehung um ihre Axe, so wie durch die größere oder geringere Einwirkung derselben auf die Erde und die Atmosphäre in den verschiedenen Jahreszeiten hervorgebracht werden. Dieses sind wahrscheinlich die gewöhnlichsten Ur-

sachen der oft lange dauernden Bewegungen der Atmosphäre, welche man Winde nennt.

Die merkwürdigsten sind die, welche zwischen den Wendekreisen regelmäßig von Osten nach Westen wehen und daher beständige Ostwinde oder Passatwinde genannt werden.

Wenn die Erde in Ruhe wäre und die Sonnenstrahlen immer auf dieselbe Gegend fielen, so würde die Temperatur der über derselben befindlichen Luftsäule sehr hoch werden und alle Schichten derselben würden successive in die Höhe steigen, wie Oel über die Oberfläche des Wassers, oder wie der Rauch eines Feuers und es würden dadurch Luftströmungen oder Winde von unten nach oben statt finden. Da aber die Erde sich beständig um sich selbst dreht und um die Sonne bewegt, so kann die heiße Zone als eine solche Gegend angesehen werden, auf welche die Sonne beständig ihre Lichtstrahlen sendet und worüber also die Luft verdünnt wird. Die dichtere Luft wird also von Norden und Süden nach der heißen Zone zuströmen und darin liegt die Ursache der Passatwinde, auf welche die Schiffer eben so sicher, als auf die Wiederkehr der Sonne innerhalb einer Zone von 60 Graden Breite nördlich und südlich vom Aequtor rechnen. Diese Passatwinde scheinen jedoch auf der Oberfläche der Erde nicht nach der Richtung der Meridiane, d. h. von Süden und Norden zu wehen, wie es wirklich der Fall ist; allein dieses hat seinen Grund in der Umdrehung der Erde von Westen nach Osten, in Folge welcher der nördliche Passatwind von Nord-Ost und der südliche von Süd-Ost zu kommen scheint. Von

dieser Erscheinung kann man sich leicht überzeugen. Wenn die Atmosphäre ganz ruhig ist und wir bewegen uns mit einer großen Schnelligkeit in einer Ebene, so scheint es, als wenn der Wind uns gerade ins Gesicht wehete. Kommt der Wind wirklich von Norden oder Süden und man bewegt sich schnell in einer Ebene nach Osten, so scheint es uns, als ob der Wind von Nord-Ost oder von Süd-West käme. Durch die Umdrehung der Erde erhalten also die Passatwinde ihre Richtung von Osten nach Westen und nicht, wie man zuweilen sagt, weil sie die Sonne hinter sich herzieht.

Während die dichtere Luft von den Polargegenden nach dem Aequator zuströmt, um die dort verdünnte Luft zu verdrängen, muß diese sich in den oberen Regionen der Atmosphäre nach entgegengesetzten Richtungen bewegen. Dieses findet auch wirklich statt und wird durch die Beobachtung dargethan, wie man Anfangs blos schloß. Zum Beispiel auf dem Pic de Teneriffa findet ein heftiger Wind statt, welcher gerade nach entgegengesetzter Richtung von der der Passatwinde weht, die unten auf dem Ocean statt finden.

Außerhalb der Wendekreise, wo die Wirkung der Sonne weit geringer ist, werden die Winde durch andere Ursachen hervorgebracht, welche leider noch nicht vollständig bekannt sind. Da die Winde in diesen Gegenden viel unregelmäßiger sind, so nennt man sie unregelmäßige Winde und im Allgemeinen gilt das von den Passatwinden Gesagte auch von ihnen. Zum Schlusse dieser Vorlesung wollen wir noch die

an den Küsten statt findenden regelmäßigen See- und Landwinde anführen.

Wenn die Sonne unter den Horizont getreten ist, so verliert das feste Land und das Meeer, welches durch sie erwärmt ist, durch Ausstrahlung Wärme; aber diese Ausstrahlung der Wärme ist bei dem festen Lande viel schneller und beträchtlicher, als bei dem Wasser. Die Luftschichten, welche sich über dem festen Lande und dem Wasser befinden, müssen sich folglich ungleich abkühlen und die Luftschichten über dem festen Lande werden bald kälter und dichter, als die über dem Meere, so daß alsdann eine Luftströmung von dem festen Lande her statt findet, welche der Landwind genannt wird. Aber wenn die Sonne wieder über dem Horizont erscheint, so erwärmen ihre Strahlen das feste Land schneller, als das Meerwasser und folglich muß sich auch die Luft über dem festen Lande mehr erhitzen und ausdehnen, als über dem Wasser und es findet daher eine Luftströmung vom Meere her statt, welche der Seewind genannt wird.

Siebenzehnte Vorlesung.

Vom Kalender.

Unter dem Kalender versteht man eine Uebersicht der Zeiteintheilung nach Tagen, Wochen, Monaten, Jahreszeiten und Jahren und wir wollen die Hauptarten desselben, welche bei den verschiedenen Völkern im Gebrauch waren und es noch sind, kurz anführen.

Nach der Meinung der Gelehrten hatte das Jahr der Aegyptier und der Perser 365 Tage, so daß sie alle vier Jahre um einen Tag gegen das Sonnenjahr zurückkamen und daß nach einem Zeitraum von 1461 Jahren, welcher das lange oder Hundssternjahr genannt wurde, das bürgerliche Jahr und das Sonnenjahr wieder zugleich anfingen. Die 365 Tage des Jahrs bildeten 12 Monate, jeder von 30 Tagen und die noch übrigen 5 Tage wurden die Ergänzungstage genannt.

Die Griechen hatten Anfangs ein Jahr von 360 Tagen, welches sie in 12 Monate, jeden von 30 Tagen eintheilten, aber alle zwei Jahre schalteten sie einen Monat von 30 Tagen ein, so daß sie abwechselnd ein Jahr von 360 und von 390 Tagen hatten. So zählten sie die Zeit bis ungefähr zu dem sechsten Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung. Zu dieser Zeit hatten sich die astronomischen Kenntnisse entwickelt und man hatte gefunden, daß der Mond seinen Lauf um die Erde in ungefähr 29½ Tagen vollendet, weswegen man diese Zeit verdoppelte und dem einen Monat 30 Tage und dem andern 29 Tage gab, welche jedesmal wieder mit dem Neumonde anfingen. Da aber die 12 Monate nur 354 Tage hatten, so blieben von den 365¼ Tagen des Sonnenjahrs noch 11¼ Tage übrig, welche innerhalb einer Zeit von 8 Jahren, wo sie 3 Monate, jeden von 30 Tagen bildeten, eingeschaltet wurden und zwar im 3., 5. und 8. Jahre dieses Zeitraums. Diese Art, die Zeit zu zählen, war zwar mit dem Lauf der Sonne in Uebereinstimmung; aber das Orakel hatte den Athe-

niensern, welche diese Veränderungen vornahmen, gesagt, daß das Jahr nach dem Lauf der Sonne und die Monate und Tage nach dem Lauf des Monds regulirt werden müßten. Die erste Forderung wurde zwar durch das bürgerliche Jahr auf diese Weise erfüllt; aber die zweite nicht. Denn nach 8 Jahren hatte sich der Mond immer noch 1½ Tag fortzubewegen, ehe er seinen ganzen Umlauf vollendete. Man fügte daher immer nach 16 Jahren 3 Ergänzungstage hinzu und die Zeitrechnung war so mit dem Monde in Uebereinstimmung, aber nicht mehr mit der Sonne.

Um diese Schwierigkeit zu beseitigen, erdachte der berühmte Astronom Meton eine Periode oder einen Cyclus von 19 Jahren, welcher die Bewegungen der Sonne und des Mondes vereinigte, weil diese Gestirne eine bestimmte Anzahl ganzer Umläufe in dieser Zeit vollenden. Denn diese Periode besteht aus 235 Mondsmonaten, nämlich 228, wovon jedesmal 12 auf ein Jahr gehen und 7, wegen der 11 Tage, um welche das Sonnenjahr länger ist, als das Mondsjahr. Von diesen letzten 7 Monaten hatten die 6 ersten jeder 30 Tage und der siebente 29 Tage. Diese Anordnung schien den Griechen so vortrefflich, daß sie dieselbe, als man sie ihnen bei den olympischen Spielen vorlegte, mit der größten Freude aufnahmen, und sie wurde in allen ihren Colonien eingeführt. Diese Zeitrechnung wurde mit goldenen Buchstaben an den öffentlichen Orten zum Gebrauch der Bürger aufgehangen und dieses ist der Grund, weswegen dieser Cyklus noch in unseren Kalendern unter dem Namen der goldenen Zahl vor-

kommt. Dennoch war der Cyclus des Meton nicht vollkommen genau; denn nach 76 Jahren war die Zeitrechnung dem Lauf des Mondes um einen Tag voraus. Man verbesserte diesen Fehler dadurch, daß man eine Periode von 4 Metonschen Cyceln nahm und jedesmal einen Tag hinweg ließ.

Der arabische Kalender, welchen die Mahomedaner jetzt noch haben, gründet sich einzig und allein auf die Bewegung des Mondes. Der erste Tag jedes Monats entsprach immer dem Neumonde. Aber die Jahre dieses Kalenders sind sehr unbestimmt und ihr Anfang geht immer zurück, indem er alle Jahreszeiten durchläuft.

Wir wollen nun den römischen Kalender betrachten. Von der Beschaffenheit des römischen Kalenders vor Julius Cäsar, welcher ihn verbesserte, ist wenig bekannt. Julius Cäsar hatte von einem ägyptischen Astronomen gelernt, daß das Sonnenjahr aus 365¼ Tagen besteht; er gab daher dem bürgerlichen Jahr 365 Tage und schaltete alle 4 Jahre für den in jedem Jahr weggelassenen Vierteltag einen ganzen Tag ein. Das vierte Jahr, welches 366 Tage hatte, wurde ein Schaltjahr genannt. Die 12 Monate des Jahrs hatten 30 und 31 Tage, mit Ausnahme des Februars, welcher in einem gewöhnlichen Jahre 28 Tage und in einem Schaltjahre 29 Tage hatte. Die Römer theilten ihre Monate in 3 Abtheilungen, welche sie Calendae, Nonae und Idus nannten und welche auf den ersten, fünften und dreizehnten Tag des Monats fielen. In den Mo-

naten März, Mai, Juli und October fielen die Nonae auf den siebenten und die Idus auf den funfzehnten Tag. Das durch diesen Kalender bestimmte Jahr wurde das Julianische Jahr genannt.

Dieses Jahr war aber um 11 Minuten und 9 Secunden gegen das Sonnenjahr zu lang und der Fehler betrug in ungefähr 133 Jahren einen Tag. Im Jahr 325 war das Osterfest auf den 21. März oder den Tag der Frühlingsnachtgleiche festgesetzt und im Jahr 1582 fiel dieses Fest auf den 11. desselben Monats und war folglich um 10 Tage zurückgegangen. Um diesem Uebelstand abzuhelfen, machte der Pabst Gregor XIII. eine Bulle bekannt, welche bestimmte, daß in dem Jahr 1582 statt des 5. Octobers der 15. genommen werden sollte. Damit aber ein solcher Fehler in Zukunft nicht wieder statt finden sollte, so traf man eine andere Einrichtung. Der bisher dem Februar jedes vierte Jahr beigefügte Tag sollte nämlich innerhalb des Zeitraums von 400 Jahren dreimal weggelassen werden. Es sind also alle Jahre Schaltjahre, deren Jahreszahl durch 4 theilbar ist und jedes 100te Jahr ist ein Schaltjahr, wenn die geltenden Ziffern seiner Jahreszahl durch 4 theilbar sind. Es ist also das Jahr 1600 ein Schaltjahr gewesen, aber die Jahre 1700 und 1800 nicht und das Jahr 1900 wird auch kein Schaltjahr seyn, aber das Jahr 2000. Der auf diese Weise verbesserte Fehler ist jetzt so gering, daß man ihn ohne Bedenken während mehrerer Jahrtausende unberücksicht lassen kann.

Dieses ist der verbesserte **Gregorianische Kalender** und er ist jetzt bei fast allen christlichen Völkern im Gebrauch. Die Engländer haben ihn erst 1752 angenommen und ihr 3. September wurde auf den 14. verlegt, weil der Fehler des Julianischen Kalenders zu dieser Zeit 11 Tage betrug. Gegenwärtig ist der Julianische Kalender in Europa nur noch bei den Russen und den Christen der griechischen Kirche im Gebrauch, und das Jahr desselben fängt jetzt 12 Tage später an, als das unsere und darin liegt der Grund des Unterschieds zwischen unserm Datum und dem ihrigen.

Die Monate werden in Wochen eingetheilt und jede derselben hat 7 Tage, nämlich: Montag, Dienstag, Mittwoch, Donnerstag, Freitag, Sonnabend, Sonntag, welche bei den Römern Dies Lunae, Martis, Mercurii, Jovis, Veneris, Saturni, Solis genannt wurden und zwar wegen astrologischer Meinungen von der Herrschaft der einzelnen Planeten über die Stunden, wobei sie die sieben Planeten, oder vielmehr die Himmelskörper, welche sie dafür hielten, in der Ordnung: Saturn, Jupiter, Mars, Sonne, Venus, Merkur, Mond auf einander folgen ließen, nämlich nach der Dauer ihrer Umlaufszeiten. Die Wochentage selbst bestimmten sie nun folgendermaasen: Die erste Stunde eines Tags, z. B. des Sonnabends, beherrschte der Saturn, oder sie war ihm gewidmet und dieser Tag hieß daher dies Saturni. Die folgenden Stunden dieses Tags wurden nun der Reihe nach von den genannten Himmelskörpern beherrscht, nämlich die zweite vom Jupiter, die

dritte vom Mars, die vierte von der Sonne, die fünfte von der Venus, die sechste vom Merkur, die siebente vom Monde, die achte wieder vom Saturn u. s. f. bis zur 24sten, welche dem Mars gewidmet war. Die erste Stunde des folgenden Tags wurde folglich von der Sonne beherrscht oder ihr gewidmet und der Tag wurde daher dies Solis (Sonntag) genannt. Die zweite Stunde des Sonntags wurde wieder von der Venus beherrscht u. s. f., so daß jeder Tag der Woche seinen Namen von dem Himmelskörper erhielt, der seine erste Stunde beherrschte.

Wir haben nun noch ein paar Worte über einige in dem Kalender gebräuchliche Benennungen zu sagen.

Der Sonnencyclus ist eine Periode von 28 Jahren, nach welcher die Tage und Wochen wieder in derselben Ordnung auf einander folgen, so lange die Schaltjahre regelmäßig alle 4 Jahre eintreten. Die Schaltjahre fangen nach Verlauf eines solchen Cyclus, in Beziehung auf die Wochentage, auf welche die Monatstage fallen, wieder denselben Lauf an. Der Sonnencyclus entsteht daher, daß das Jahr nicht genau eine bestimmte Anzahl von Wochen enthält, sondern 52 Wochen und 1 Tag. Dieser Cyclus würde also nur 7 Jahre umfassen (weil nach dieser Zeit der jedes Jahr überschüssige Tag eine Woche bildete), wenn es keine Schaltjahre gäbe; da es aber alle 4 Jahre ein solches Schaltjahr gibt, so muß der Cyclus 28 Jahre umfassen, damit die überschüssigen Tage gerade eine ganze Anzahl von Wochen bilden.

Wir haben schon von dem Mondcyclus, welcher die goldene Zahl genannt wird, gesprochen. Er besteht aus 19 Jahren, nach welchen sich die Sonne und der Mond fast wieder in derselben gegenseitigen Lage befinden, weil die Conjunctionen, Oppositionen rc. dieser beiden Himmelskörper wieder an denselben Monatstagen statt finden, als zu Anfang der Periode und der Unterschied der Zeiten zu Anfang und Ende dieser Periode kaum $1\frac{1}{2}$ Stunde beträgt.

Da das Sonnenjahr und das Mondsjahr erst nach 19 Jahren wieder zugleich anfangen, so übertrifft das erstere in der Zwischenzeit das zweite um eine bestimmte Zeit und die Anzahl der Tage, um welche das Sonnenjahr das Mondsjahr übertrifft, nennt man die Epacten.

Verbesserungen.

Seite 108 Zeile 15 statt 47,718 l. 74,000.
" — " 19 " 129,572 l. 112,000.

Bei dem Verleger dieses Werkes erscheint längstens im August 1838:

Joh. van der Smissen, Wegweiser am Himmel, eine kurze, auch Nichtmathematikern verständliche Anweisung, sich mit den vorzüglichsten Gestirnen bekannt zu machen, zunächst berechnet für Norddeutschland und die mit ihm unter derselben Breite liegenden Gegenden und für Schulen und Liebhaber der Sternenkunde bearbeitet. Mit 41 Holzschnitten. 8.

Ferner ist bei demselben früher erschienen:

H. Sternheim, populäre Gnomonik oder Construktion der gebräuchlichen Arten von Sonnenuhren mit Thierkreislinien und Beleuchtungsscalen. Mit 10 Figurentafeln. 8. 1½ Rthl. od. 2 fl. 42 kr. Gersdorfs Repert. 1835. 7s Heft sagt: „Wir erkennen diese Zusammenstellung der Sätze von Construktion der Sonnenuhren für etwas Dankenswerthes und Nützliches. Die fein ausgeführten und durchaus rein gehaltenen Zeichnungen verdienen allen Beifall." Das preußische Bürgerblatt 1836 Nr. 7 empfiehlt dieses Buch als ein für diesen Gegenstand sehr vollständiges, deutliches und belehrendes und sagt: „Wer nur im Stande ist, eine Figur auf eine Steinplatte, Kupfer= oder Messingtafel aufzutragen, wenn er solche auf dem Reißbrete entwerfen kann, der wird in keine Verlegenheit gerathen. Zehn Steindrucktafeln versinnlichen den Text und eine Menge anderer Tafeln sind zur Ersparung weitläuftiger Rechnungen angehängt."

Gegenwärtige Schrift hat vor der verwandten von Littrow für Viele den großen Vorzug voraus, daß sie weder durch analytischen Calcül mathematische Kenntniß voraussetzt, noch roh praktisch ist, wie mehrere andere. Bei möglichst wissenschaftlicher Behandlung

erfordert es nichts als den Gebrauch des Bleistifts, Zirkels und Transporteurs, um ohne alle Berechnung und nur durch einfache geometrische Constructionen auf das Kürzeste zu den genauesten und sichersten Resultaten zu führen. Dabei steht nichts ohne Erläuterung, nichts ohne den Beweis da. Alles ist durch die beigefügten Figurentafeln deutlich und anschaulich gemacht.

G. A., Hecht, der schöne Halley, den wir mit dem Jahr 1834 wieder zu erwarten haben. Mit einer gemeinfaßlichen Belehrung über Kometen überhaupt. Mit 3 Zeichnungen. gr. 8. Dritte unveränderte Auflage. ½ Rthl. oder 36 kr.

Gegenwärtige Schrift, von der sich binnen wenigen Monaten bereits zwei sehr starke Auflagen vergriffen haben, beschäftigt sich außer der Geschichte und Natur dieses Kometen mit diesen Phänomenen überhaupt, die unter die prachtvollsten Erscheinungen in der Natur gehören, deren Anblick einen so erhabenen Genuß gewährt, die zu so mancherlei Betrachtungen auffordern und die so manche wichtige Einflüsse auf unsere Erde äußern.

Dessen Zeichen an der Sonne, als üble Vorboten schlimmer Schicksale der Erde und ihrer Bewohner. Oder, ob wirklich die Sonne immer dunkler und kleiner werde? Zeitgemäß betrachtet in einer faßlichen Belehrung über die Sonne. gr. 8. ½ Rthl. oder 36 kr.

Nicht nur sind es die sich mehrenden Sonnenflecken, welche die Bedenklichkeit erzeugen: es werde sich die Sonne immer mehr und mehr verdunkeln und des Lichts und der Wärme immer weniger und weniger aussenden, sondern auch die untrügbare Wahrnehmung ist es: daß sich die Sonnenscheibe von Zeit zu Zeit immer kleiner zeigt: was die Befürchtung veranlaßt: es werde die Erde erfrieren! Was auf eine rationelle Weise davon zu denken sey und erwartet werden könne, dies soll diese kleine Schrift wo möglich darthun und Jedermann eine erwünschte Kenntniß von der Sonne mittheilen.

Taf. I.

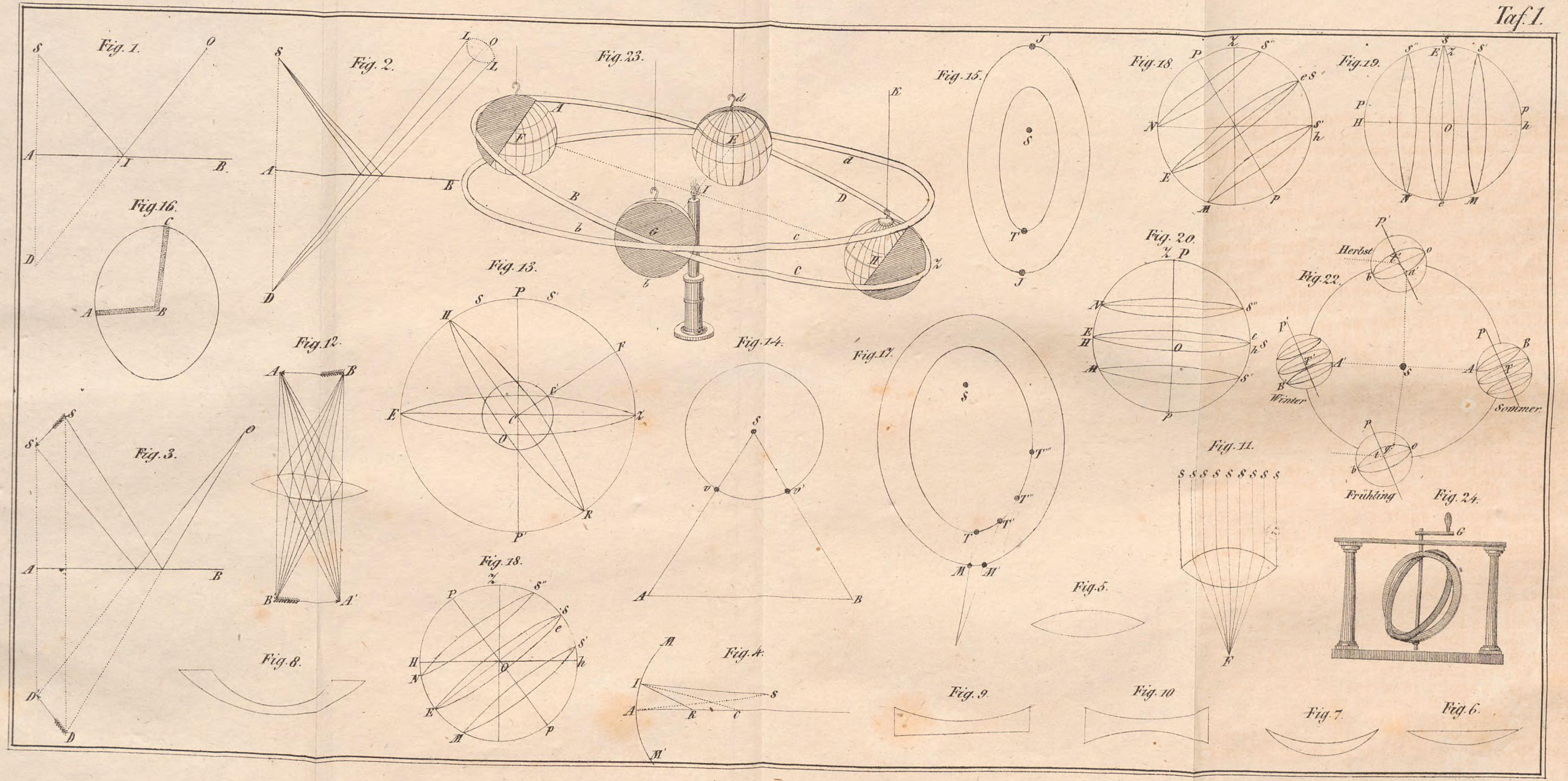
Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 23.
Fig. 15.
Fig. 18.
Fig. 19.
Fig. 16.
Fig. 13.
Fig. 20.
Herbst
Fig. 22.
Winter
Sommer.
Frühling
Fig. 12.
Fig. 14.
Fig. 17.
Fig. 11.
Fig. 24.
Fig. 3.
Fig. 18.
Fig. 5.
Fig. 8.
Fig. 4.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 7.
Fig. 6.

Taf. 2.

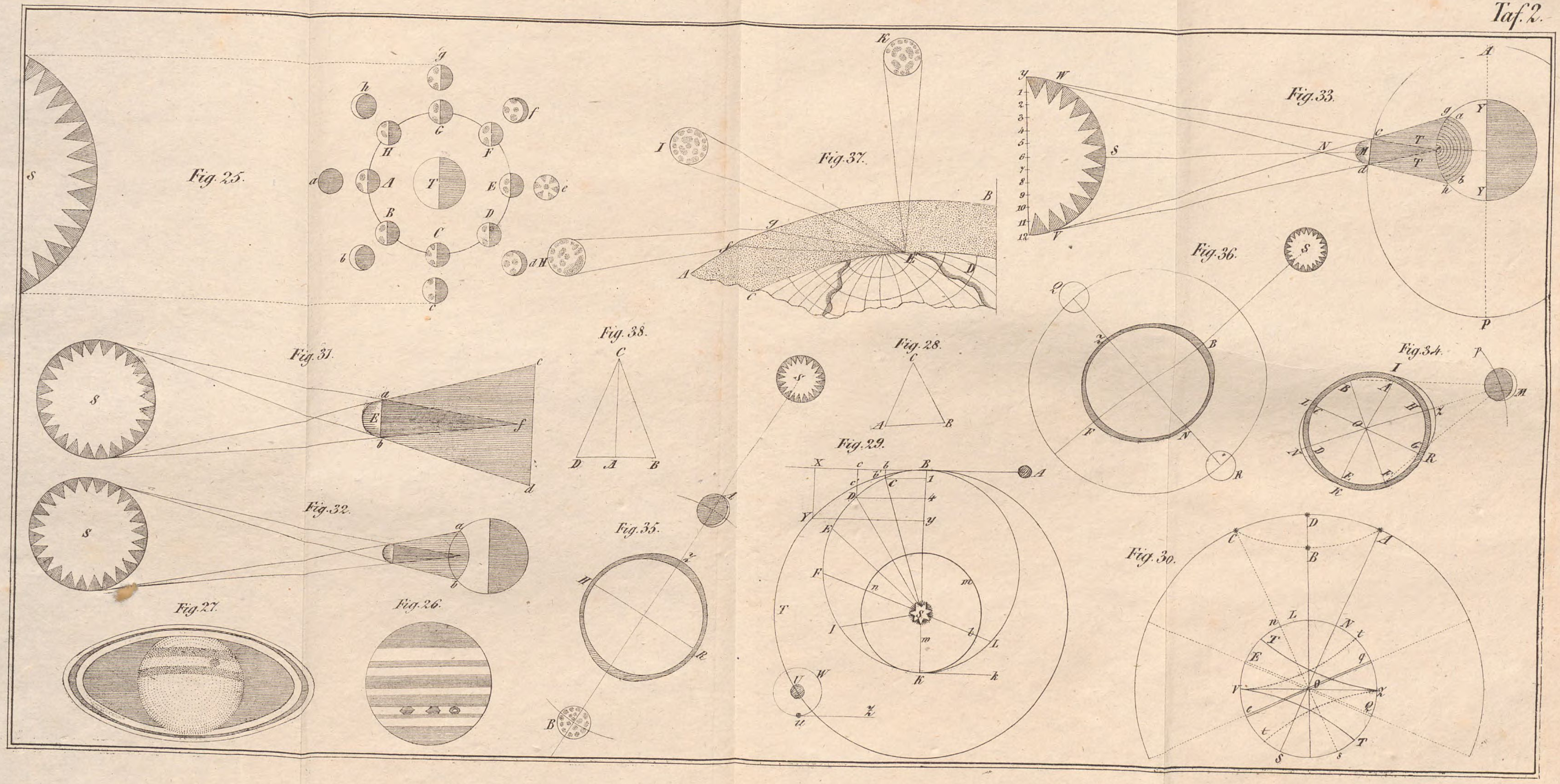
Fig. 25.
Fig. 37.
Fig. 33.
Fig. 36.
Fig. 31.
Fig. 38.
Fig. 28.
Fig. 34.
Fig. 29.
Fig. 32.
Fig. 35.
Fig. 30.
Fig. 27.
Fig. 26.